

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**DESEMPEÑO PRODUCTIVO, FERMENTACIÓN RUMINAL Y CALIDAD
SENSORIAL DE LA CARNE DE CABRITOS CONSUMIENDO UN INICIADOR
PELETIZADO O EXTRUIDO**

TESIS
QUE PRESENTA

DANIELA SARAÍ RICO COSTILLA

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Doctor en Ciencia Animal

General Escobedo, N. L.

Junio del 2021

DESEMPEÑO PRODUCTIVO, FERMENTACIÓN RUMINAL Y CALIDAD
SENSORIAL DE LA CARNE DE CABRITOS CONSUMIENDO UN INICIADOR
PELETIZADO O EXTRUIDO

COMITÉ DE TESIS



Ph.D. JORGE R. KAWAS GARZA
DIRECTOR DE TESIS



Dra. YAREELLYS RAMOS ZAYAS
CO-DIRECTORA



Dr. HÉCTOR FIMBRES DURAZO
CO-DIRECTOR



Dr. GUSTAVO MORENO DEGOLLADO
CO-DIRECTOR



D. Ph. GERARDO MÉNDEZ ZAMORA
CO-DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a todos y cada uno de los profesores del **Posgrado Conjunto Agronomía-Veterinaria**, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por todo su apoyo, en especial al Dr. Jorge R. Kawas, por brindarme esta oportunidad tan importante para mi carrera y por permitirme ser su tesista. Al Dr. Héctor Fimbres por darme consejos y el apoyo brindado para mejorar este trabajo; al Dr. Gustavo Moreno, quien siempre estuvo al pendiente de lo necesario para la realización de este trabajo. También le agradezco al Dr. Gerardo Méndez Zamora por su contribución en clasificar las variables de calidad de la canal de los cabritos, a la Dra. Yarellys Ramos por todo su valioso apoyo durante la redacción de esta tesis, a la Dra. Rosa María Sánchez y Dra. Magda Navarro por su apoyo moral y por su motivación para terminar este proyecto.

También agradezco a la empresa MNA de México, S.A. de C.V., y al Sr. Eduardo Treviño, propietario de la planta procesadora de ganado caprino Su Cabrito, que me apoyaron en todo este proceso de investigación y me prestaron sus instalaciones para el desarrollo de este trabajo, así también al personal de dichas empresas que ayudaron durante el periodo experimental; en especial doy gracias al M.C. Carlos García por todo el gran apoyo brindado en esta investigación.

Por su confianza y comprensión, muchísimas gracias,
Daniela Saraí Rico Costilla

DEDICATORIA

A mi esposo Ezequiel, por estar conmigo en los momentos más especiales de mi vida y siempre ser mi apoyo y soporte en todo momento que necesité, te amo.

A mí querida hija Ana Lucía, que gran parte de este trabajo fue retrasado por convertirme en mamá, pero ella es mi gran motivo e inspiración para salir adelante.

A mi madre Rosa María, que siempre ha estado a mi lado para guiarme y aconsejarme en cómo ser una gran persona, mucho de lo que soy se lo debo a ella.

A mi padre Jorge Aurelio (†), que a pesar de que ya no está con nosotros, sé que estaría muy orgulloso de este gran logro.

A Dios, porque sé que nada de esto pudiera ser posible sin él, porque puso a las personas correctas en mi camino y me dio la fortaleza y sabiduría para terminar este trabajo.

NOMENCLATURA

a*	Tendencia al color rojo
AGV	Ácidos grasos volátiles
b*	Amarillez
C	Efecto cuadrático
D	Día
EB	Energía bruta
EE	Extracto etéreo
ELN	Extracto libre de nitrógeno
EE	Error estándar
FDA	Fibra detergente ácido
FDN	Fibra detergente neutro
G	Gramos
H	Hora
kg	Kilogramo
L	Luminosidad
b	Tendencia al color amarillo
mM	Milimoles
MS	Materia seca
N	Nitrógeno
NH₃	Amoniaco
°C	Grados centígrados
P	Probabilidad
pH	Potencial de hidrógeno
µm	Micrómetros

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Cambios fisiológicos del rumiante	3
2.1.1 Digestivos	3
2.1.2 Inmunológicos	4
2.1.3 Hormonales	5
2.2 Desarrollo ruminal	5
2.3 Programas de destete para rumiantes	6
2.3.1 Leche y sustitutos de leche.....	8
2.3.2 Alimentos iniciadores para pre-destete	9
2.3.2.1 Pellet	10
2.3.2.2 Extruido	11
2.3.3 Destete temprano.....	11
2.4 Características del cabrito para consumo humano.....	12
2.5 Clasificación según la calidad de las canales de cabrito para restaurante y venta al consumidor.....	13
2.6 Características de evaluación sensorial de la carne de cabrito para restaurante.....	13
3. JUSTIFICACIÓN.....	15
4. HIPÓTESIS.....	16
5. OBJETIVOS.....	17
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
6.1 Instalaciones	18
6.2 Características de los cabritos y diseño experimental	18
6.3 Manejo de alimentación de los cabritos	19
6.4 Medición de desempeño y calidad de la canal	21
6.5 Medición de variables de desarrollo ruminal	25
6.6 Medición de variables del líquido ruminal	27
6.7 Calidad sensorial de la carne	29

6.8 Análisis estadístico	31
7. RESULTADOS.....	32
7.1 Desempeño de los cabritos	32
7.2 Mediciones corporales.....	32
7.3 Pesos de órganos.....	35
7.4 Características de la canal y calidad de la carne.....	35
7.5 Desarrollo ruminal.....	39
7.6 Fermentación ruminal.....	39
8. DISCUSIÓN.....	45
8.1 Desempeño de los cabritos	45
8.2 Mediciones corporales.....	46
8.3 Pesos de órganos.....	47
8.4 Características de la canal y calidad de la carne.....	47
8.5 Desarrollo ruminal.....	49
8.6 Fermentación ruminal.....	50
9. CONCLUSIÓN.....	52
10. BIBLIOGRAFÍA.....	53

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Régimen de alimentación para cabritos del tratamiento 1; el número indica la cantidad de biberones (250 ml) ofrecidos en el tratamiento con solamente sustituto de leche.....	20
Cuadro 2. Variables de desempeño de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con un alimento iniciador extruido o peletizado.....	33
Cuadro 3. Medidas zoométricas (cm) de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con un alimento iniciador extruido o peletizado.....	34
Cuadro 4. Pesos de órganos (kg) de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con un alimento iniciador extruido o peletizado.....	37
Cuadro 5. Características de la canal de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con un alimento iniciador extruido o peletizado.....	38
Cuadro 6. Variables de calidad de la carne de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con alimento iniciador extruido o peletizado.....	40
Cuadro 7. Variables de color de la carne de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con alimento iniciador extruido o peletizado (Bloques).	41
Cuadro 8. Peso del retículo-rumen (kg) de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con alimento iniciador extruido o peletizado.....	42
Cuadro 9. Medidas del largo de papilas (μm) en cuatro secciones del rumen de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con alimento iniciador extruido o peletizado.	43
Cuadro 10. Medidas del ancho de papilas (μm) en cuatro secciones del rumen de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con alimento iniciador extruido o peletizado.	44
Cuadro 11. Variables de ácidos grasos volátiles en líquido ruminal de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con alimento iniciador extruido o peletizado.	45

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Jaulas utilizadas durante la investigación	19
Fotografía 2. Alimentos ofrecidos a los cabritos	19
Fotografía 3. Cabrito consumiendo el sustituto de leche.....	21
Fotografía 4. Pesaje semanal de los cabritos	22
Fotografía 5. Medición de circunferencia torácica de cabritos.....	22
Fotografía 6. Canales calientes de cabritos recién sacrificados.....	23
Fotografía 7. Medición del pH en el músculo <i>longissimus dorsi</i>	24
Fotografía 8. Medición del color de la carne	24
Fotografía 9. Rumen lavado y vaciado de su contenido	25
Fotografía 10. Procesamiento de muestras de tejido ruminal	26
Fotografía 11. Medición de papilas ruminales utilizando el software Image J	26
Fotografía 12. Obtención de muestra de líquido ruminal	27
Fotografía 13. Potenciómetro Denver Instruments para medir pH ruminal	28
Fotografía 14. Filtrado y almacenamiento de muestras de líquido ruminal	28
Fotografía 15. Cabrito asado para el panel de degustación	30
Fotografía 16. Carne de cabrito asado para panel de degustación.....	30

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar el beneficio de la suplementación de un iniciador extruido con el propósito de acelerar el desarrollo ruminal de cabritos para un destete temprano de 35 días. Cuarenta y cinco cabritos Alpino Francés (21 machos y 24 hembras), de una semana de edad, fueron asignados a uno de tres tratamientos, en un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 3 x 2; tres regímenes de alimentación (sustituto de leche solamente, o el sustituto más la suplementación de un iniciador peletizado o extruido) y sexo (macho o hembra). Variables de desempeño, medidas de la canal, y desarrollo y fermentación ruminal fueron obtenidas. Pesos finales, circunferencia torácica, longitudes de las tuberosidades, pesos de las canales caliente y fría, pesos del corazón, hígado y grasa mesentérica, ganancia diaria de peso, y conversión alimenticia fueron mejores ($P < 0.05$) para los cabritos alimentados solamente con sustituto de leche. El consumo de sustituto se redujo con la suplementación de los alimentos iniciadores, y fue mayor ($P = 0.001$) con el iniciador extruido (51.9 g/d) en comparación con el iniciador peletizado (32.1 g/d). Sensorialmente, el olor de la carne fue mejor ($P = 0.051$) para cabritos que consumieron solamente sustituto de leche en comparación con aquellos suplementados con un iniciador. De las variables de color, ninguna fue diferente ($P > 0.05$) entre tratamientos, o entre machos y hembras. Los cabritos que consumieron el iniciador extruido tuvieron mayor peso del retículo-rumen ($P = 0.026$) y del rumen ($P = 0.019$) en comparación con aquellos consumiendo solamente sustituto de leche o suplementados con el iniciador peletizado. El pH ruminal se redujo ($P = 0.05$) desde 3.6 para becerros consumiendo sustituto de leche, a 3.1 para el iniciador extruido y 2.7 para el iniciador peletizado. La concentración de ácido acético en milimoles del líquido ruminal fue menor ($P = 0.029$) para los cabritos que consumieron sustituto de leche en comparación con aquellos suplementados con un iniciador. En conclusión, cabritos destetados tempranamente, destinados para su consumo en restaurantes, deben consumir solamente sustituto de leche. Sin embargo, las cabritas de reemplazo deben consumir adicionalmente un iniciador, preferentemente extruido, lo que permite un mejor desarrollo ruminal, y una transición más rápida para el consumo de alimento seco.

SUMMARY

The objective of this study was to determine the benefit of supplementing an extruded starter feed in order to accelerate rumen development for a 35-day early weaning of goat kids. Forty-five new-born French Alpine kids (21 males and 24 females) were randomly assigned to one of three groups in a complete random design, with a 3 x 2 factorial arrangement of treatments; feeding regime (milk replacer alone, or milk replacer and the supplementation of a pelleted or extruded feed starter), and sex (male or female). Variables included performance and body weight measurements, full and empty gastrointestinal weights, carcass characteristics, and rumen development and fermentation. Final weights, thoracic circumference, body size measurements, hot and cold carcass weights, weights of heart, liver, mesenteric fat, body weight gains, and feed conversions were better ($P < 0.05$) for goat kids being fed only with milk replacer. Milk replacer consumption was reduced with dry starter supplementation and was greater ($P = 0.001$) for the extruded starter (51.9 g/d) than for the pelleted starter (32.1 g/d). Of variables such as juiciness, odor, flavor or tenderness, only odor was higher ($P = 0.051$) for meat of goat kids that were fed milk replacer only. Reticulum-rumen weights were greater for goats supplemented the extruded starter ($P = 0.026$), with no difference ($P = 0.139$) between males and females. Rumen weights were greater ($P = 0.019$) for goats supplemented the extruded starter than for the milk replacer only-control group. Rumen pH tended to be reduced ($P = 0.05$) from 3.6 for goat kids fed the milk replacer only, to 3.1 for the extruded starter and 2.7 for the pelleted starter. The concentration of acetic acid in millimoles of the ruminal fluid was lower ($P = 0.029$) for the milk substitute compared to the extruded and pelleted starter. In conclusion, early weaned goat kids, destined for consumption in restaurants, should only consume milk replacer. However, replacement female goat kids must additionally consume a starter, preferably extruded, which allows better ruminal development, and a faster transition to the consumption of dry feed.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del rumen es independiente de factores nutricionales y puede ser acelerado por la pronta introducción de alimentos sólidos, que es importante en los sistemas de destete precoz (Gorka et al., 2009). El tipo de dieta y el manejo en el sistema de producción define la velocidad del desarrollo funcional del estómago (Chaves et al., 2014). El estudio del metabolismo del epitelio ruminal durante el período de crecimiento inicial puede facilitar el desarrollo de estrategias de alimentación para el desarrollo de animales pre-rumiantes y animales maduros (Amaral et al., 2005).

El desarrollo ruminal es mayor con los concentrados, lo que tiene que ver directamente con la producción de ácidos grasos volátiles que resultan de la fermentación del forraje y concentrado en el rumen (Suárez et al., 2006). Consecuentemente, los forrajes se utilizan poco o nada en las etapas tempranas, ya que disminuyen el consumo de materia seca y bajan la fermentación en el rumen, mientras que los alimentos concentrados (altos en granos de cereal) son ampliamente utilizados (Nocek et al., 1980), ya que aumentan el consumo de materia seca y proveen de altas concentraciones de ácidos grasos volátiles requeridos para el desarrollo óptimo de las papilas ruminales (Coverdale et al., 2004; Suárez et al., 2007).

Maíz, trigo, sorgo, avena y cebada son utilizados como principales fuentes de almidón a nivel mundial. Las alteraciones mecánicas y químicas durante el procesamiento por rolado al vapor o por extrusión de estas materias primas, incrementan el área superficial de exposición e incrementan la digestibilidad del almidón en el rumen (Huntington, 1997), aumentando la fermentación y el desarrollo ruminal. Murphy et al. (1994) reportaron un incremento en la producción total de ácidos grasos volátiles cuando el grano de maíz molido fue reemplazado con maíz rolado.

Alimentos sólidos que no sean forrajes o alimentos voluminosos, pueden influenciar la capacidad y muscularización del rumen comparado con dietas concentradas finamente molidas o peletizadas, lo que indica que la extensión del procesamiento y/o el tamaño de partícula afectan la habilidad de los concentrados para

estimular la capacidad y musculatura del rumen (Beharka et al., 1998; Greenwood et al., 1997). Consecuentemente, dietas concentradas con un mayor tamaño de partícula parecen más efectivas para el desarrollo del rumen, debido a su habilidad de estimular el desarrollo epitelial, la capacidad del rumen y la muscularización ruminal.

La extrusión de los alimentos aumenta la utilización de los nutrientes que componen los ingredientes al gelatinizar el almidón de los granos y reducir la degradabilidad de la proteína de las pastas de oleaginosas. La tecnología de extrusión mejora la utilización de ingredientes de muy alta calidad al aumentar la cantidad de proteína que llega al intestino, incrementando la absorción de aminoácidos de origen alimenticio, y gelatinizando el almidón, lo que aumenta la utilización de energía de los granos de cereal (Chaves et al., 2014). Una manera de satisfacer estos nutrientes es ofreciendo productos extruidos con altas concentraciones de energía con la inclusión de grasas. Los procesos de extrusión forman cubos (croquetas) de alta calidad que son resistentes al rompimiento y generación de finos. El calor del proceso de extrusión aumenta la proteína que resiste la degradación ruminal (indegradable o de sobrepaso) y aumenta la gelatinización del almidón de los granos de cereal. Por otro lado, los sustitutos de leche disponibles son más baratos que la leche de cabra natural y son especialmente formulados para cabritos y permite la crianza con una buena ganancia diaria de peso (Argüello et al., 2004).

Este estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de tres regímenes de alimentación, sustituto de leche sin y con la suplementación de alimento iniciador en pellet o extruido, en el desempeño, digestibilidad del alimento y desarrollo y fermentación ruminal para el destete temprano de cabritos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cambios fisiológicos del rumiante

La fisiología digestiva del rumiante adquiere características particulares, debido a que la degradación del alimento se realiza, mayoritariamente, por digestión fermentativa, y no por la acción de enzimas digestivas, y los procesos fermentativos tienen lugar por diferentes tipos de microorganismos a los que el rumiante aloja en sus divertículos estomacales (Gutiérrez, 2015).

La transición de becerro lactante a rumiante implica una serie de pasos adaptativos. Estos incluyen cambios en la morfología y funcionalidad del tracto digestivo, el desarrollo de la microbiota normal y también cambios metabólicos. El desarrollo del tracto digestivo es variable y depende del tipo de dieta (Relling y Mattioli, 2003).

El desarrollo del rumen es un cambio fisiológico para los rumiantes, esto involucra el crecimiento y diferenciación de las células del rumen y tiene como resultado un cambio importante en el tipo de nutrientes que llegan al intestino, al hígado y en consecuencia a todos los tejidos periféricos del animal (Jiao et al., 2015).

El epitelio del rumen es responsable de gran cantidad de funciones fisiológicas, incluyendo la absorción y transporte de nutrientes, el metabolismo de los ácidos grasos de cadena corta y el ciclo de la urea. Un adecuado desarrollo del epitelio del rumen es necesario para la utilización de los nutrientes (Wang et al., 2009).

2.1.1 Digestivos

Al nacer el cabrito, el rumen aún no está desarrollado y no es funcional. El proceso de colonización bacteriana en el rumen en desarrollo es clave para lograr las funciones del rumen, que son necesarias para el destete, y a partir de ese momento, pueden afectar la eficiencia y la estabilidad de la digestión (Abecia et al., 2017).

Se considera que la inoculación microbiana del rumen del recién nacido comienza inmediatamente después del nacimiento, a través del canal vaginal, material fecal, calostro, piel y saliva de la madre (Meale et al., 2016). El tracto gastrointestinal de los recién nacidos contiene un microbioma menos diverso que el de los adultos, y la colonización progresiva aumenta esta diversidad con el tiempo (Malmuthuge et al., 2014).

El acto de succionar por parte de los animales hace que se desarrolle un pliegue muscular llamado surco reticular o esofágico, el cual lleva la leche directamente al abomaso, donde se digiere de manera más eficiente (Teagasc, 2017).

El desarrollo del rumen se ve afectado por el tipo de dieta que se consume, con alimentos líquidos (leche o sustitutos de leche) se retrasa el desarrollo tanto en grosor de la pared, así como en las papilas ruminales. Al consumir alimentos sólidos se observa un aumento en el grosor de la pared del rumen y se producen ácidos grasos volátiles, los cuales ayudan a la maduración de las papilas ruminales (Béguet et al., 2011).

El desarrollo de los compartimientos, en particular el rumen, es altamente dependiente de factores nutricionales y puede ser acelerado significativamente por la introducción temprana de alimentos sólidos, siendo esto especialmente importante en los sistemas de destete temprano (Gorka et al., 2009).

Para que se pueda favorecer un desarrollo rápido del rumen, se necesitan distintos factores, dentro de los cuales tenemos los siguientes: microorganismos en líquido ruminal, medio acuoso, tránsito de contenido rumino-reticular, absorción de los nutrientes por la mucosa del rumen, sustrato, nutrientes y la forma física de la dieta. Todos estos factores en conjunto ayudan a acelerar el desarrollo ruminal (Bavera, 2008).

2.1.2 Inmunológicos

El primer mes de vida es un momento en el que se observan las mayores tasas de morbilidad y mortalidad neonatal en los establos lecheros, por lo tanto, los efectos de arrastre maternos pueden tener un efecto significativo en la salud de los becerros durante este tiempo (Ling et al., 2018).

Los rumiantes recién nacidos tienen tres periodos críticos que afectan su sistema inmune durante los primeros meses de vida: el consumo de calostro, la alimentación con leche y el destete; y el manejo de estos periodos, afectan el rendimiento final del animal (Hernández et al., 2015).

La placenta del rumiante impide la transferencia de inmunoglobulinas (Ig) de la madre al feto, consecuentemente, el consumo de calostro de la descendencia tiene un rol fundamental en la adquisición de la inmunidad pasiva (Abecia et al., 2017) y en la tasa de supervivencia de los recién nacidos (Hernández et al., 2014).

Para asegurar una transferencia de inmunidad pasiva adecuada, los cabritos neonatales deben recibir calostro de buena calidad en una cantidad equivalente del 10 al 20% de su peso corporal, dividido entre 4 a 6 tomas de proporciones iguales, preferiblemente dentro de 3 a 12 horas después del nacimiento (Massimini et al., 2007).

Una dieta adecuada y balanceada influye positivamente en el desarrollo, mantenimiento y función del sistema inmune. Una deficiencia o exceso de nutrientes puede afectar el número y la actividad de las células del sistema inmunológico (Caroprese et al., 2015).

La leche de cabra se caracteriza por sus propiedades nutricionales y saludables, que se deben tanto a la composición de los ácidos grasos, así como a las proteínas y aminoácidos que contiene (Caroprese et al., 2016). En la actualidad, en los establos lecheros de alta producción, se utiliza la crianza artificial para aumentar la cantidad de leche de ovejas o cabras disponibles para distintos procesamiento y simplificar el manejo (Hernández et al., 2015).

2.1.3 Hormonales

Al nacer los cabritos, las primeras 24 h representan una fase de transición crítica entre las funciones fetales y las del recién nacido. La supervivencia de este depende de una rápida adaptación a las nuevas condiciones ambientales que requieren el establecimiento de mecanismos de homeostasis cardiovasculares, respiratorios, metabólicos y termorreguladores que son esenciales para la supervivencia y el crecimiento (Celi et al., 2008).

El desarrollo del músculo esquelético es un proceso bioquímico complejo en los animales productores de carne, y afecta directamente la producción. En este sentido, la hormona del crecimiento (GH), la miostatina (MSTN) y el factor de crecimiento insulínico (IGF) desempeñan un papel directo en el crecimiento y desarrollo del músculo y son decisivos en las características de la producción de carne (Devrim et al., 2015).

2.2 Desarrollo ruminal

Una de las transformaciones gastrointestinales más significativas en la vida del rumiante es la transición del funcionamiento como pre-rumiante a rumiante (Steele et al.,

2015). El desarrollo del rumen es un desafío fisiológico importante para los jóvenes rumiantes. Implica el crecimiento y diferenciación celular del rumen, y da como resultado un cambio importante en el patrón de nutrientes que se administran a nivel intestinal e hígado y, por lo tanto, a los tejidos periféricos del animal.

Varios estudios han demostrado que el desarrollo del rumen consiste en el desarrollo anatómico (aumento de la masa ruminal y crecimiento de las papilas ruminales), rendimiento funcional (capacidad de fermentación y actividad enzimática), así como la colonización microbiana (bacterias, hongos, arqueas metanogénicas y protozoos) (Jiao et al., 2015).

Varios estudios (Jiao et al., 2015; Relling y Mattioli, 2003) han demostrado que el desarrollo del rumen ocurre en tres fases:

- 1) Fase no-rumiante o lactante (0 a 3 semanas de vida): el animal sólo posee capacidad de digerir leche y depende de la absorción intestinal de glucosa para mantener sus niveles glucémicos.
- 2) Fase de transición (3 a 8 semanas de vida): el animal empieza a consumir pequeñas cantidades de alimento sólido y se van desarrollando los compartimentos del estómago. Los niveles de glucosa sanguínea disminuyen y aumentan la concentración de ácidos grasos volátiles (acetato, propionato, butirato).
- 3) Fase de rumiante (después de la octava semana): los compartimientos del estómago se han desarrollado, lo que permite una digestión fermentativa como la de un rumiante.

Los cambios anatómicos que ocurren en el tracto gastrointestinal de los jóvenes rumiantes son caracterizados por la transición de no-rumiante a rumiante y estos cambios pueden ser afectados por el régimen de alimentación y la naturaleza de la dieta.

2.3 Programas de destete para rumiantes

El destete en los mamíferos domesticados se caracteriza por el reemplazo de la leche por alimentos sólidos (Atasoglu et al., 2008). En los sistemas comerciales de las cabras lecheras, los cabritos se separan comúnmente de su madre inmediatamente después del nacimiento y se crían artificialmente hasta el destete o sustituto de leche. Este método

conserva la leche de la madre y significa que los productores tienen un mayor control sobre cuándo y cómo destetar a los cabritos (Zobel et al., 2020).

Durante el destete, los rumiantes deben pasar de una dieta a base de leche que se digiere principalmente en el abomaso y el intestino delgado a una basada en el consumo de alimento sólido que se fermenta a nivel ruminal (Steele et al., 2015).

Una serie de factores pueden influir en el rendimiento de los cabritos alimentados artificialmente con leche o con sustitutos de leche, entre los cuales se encuentra el entorno social. Muchos cabritos son colocados individualmente en corrales pequeños, sin contacto directo con otros cabritos. Los grupos de animales, versus los corrales individuales pueden afectar el proceso de adaptación a los alimentos sólidos, además, los animales en grupo requieren menor trabajo en el manejo que los corrales individuales (Goetsch et al., 2001).

Existen dos sistemas principales para el destete de las crías en la producción de rumiantes. En los sistemas comerciales de producción de leche, los recién nacidos generalmente se separan de la madre después del nacimiento y se les alimenta con un sustituto lácteo o con leche entera. En contraste, en producción de carne y los sistemas extensivos, las crías permanecen con la madre hasta el destete. Por lo tanto, estos dos sistemas implican diferencias en cuanto al tipo de leche (leche entera vs. sustituto de leche) y la presencia/ausencia de un compañero de más edad, que no se puede tratar por separado (Abecia et al., 2017).

Dentro de los sistemas de destete se tienen los siguientes:

- 1) Tradicional: el destete ocurre cuando el becerro tiene entre 6 y 8 meses de edad.
- 2) Temprano: el destete se da cuando el becerro tiene de 4 a 5 meses de edad.
- 3) Temporal: consiste en evitar que el becerro mame por dos o tres semanas y se realiza cuando el becerro tiene como mínimo de 60 a 90 días de edad.
- 4) Precoz: se realiza cuando el becerro tiene una edad mínima de 60 días.
- 5) Hiperprecoz: el ternero tiene alrededor de 30 a 45 días de edad (Balbuena, 2010).

El mayor porcentaje de la población caprina es manejada por pequeños agricultores que viven en extrema pobreza. En estas condiciones, la nutrición de los animales depende del pastoreo de praderas naturales, y en agostadero, donde hay disponible hojas y ramas de las especies arbustivas.

El producto principal de la crianza de caprinos de razas lecheras es la producción de queso. El segundo ingreso más importante se genera a partir de la venta de cabritos (Perez et al., 2001). Por lo tanto, los productores desean obtener una producción máxima de leche con un alto contenido de grasa y proteína, para aumentar la rentabilidad de la granja (Peris et al., 1997). En muchos sistemas para producción de leche, los corderos son separados de sus madres a temprana edad para aumentar la leche disponible para la producción de queso y otros productos derivados (Napolitano et al., 2002).

Es necesario tener sistemas de alimentación efectivos y económicos para la producción de cabritos de leche, para el desarrollo de reemplazos y para el sacrificio de los caprinos productores de carne de mayor peso y edad. Generalmente, los cabritos son criados en la fase pre-destete, únicamente con leche, pero con un gasto elevado, considerando el alto costo de la leche de cabra o el sustituto de leche (Genandoy et al., 2002).

El destete temprano de los terneros lecheros se ha practicado por conveniencia y razones económicas de los productores. Los iniciadores concentrados se formulan especialmente con alta palatabilidad y altos contenidos de carbohidratos fermentables, los cuales se utilizan para estimular cambios en el epitelio del tracto digestivo del rumiante (Kristensen et al., 2007). Los resultados de varios estudios indican que los programas de alimentación con leche no afectan negativamente la salud y el crecimiento de los cabritos, pero se recomienda la estimulación del consumo de alimento concentrado (Ugur et al., 2007).

2.3.1 Leche y sustitutos de leche

Anteriormente la cabra era considerada la “vaca del pobre”, pero en la década de 1960 en los Estados Unidos, la leche de cabra y los productos lácteos derivados comenzaron a llamar la atención debido a sus valores nutricionales. La leche de cabra es considerada por su buena digestibilidad y tener menores propiedades alergénicas en comparación con la leche de vaca, por lo que ha sido considerada nutracéutica por décadas (Clark y Mora García, 2017).

La baja producción de leche y la corta duración de la lactancia son consideradas a menudo como los principales desafíos para la crianza de cabritos. La insuficiente

producción de leche por la hembra es el mayor factor limitante responsable de la alta mortalidad de los cabritos. Por lo tanto, la alimentación artificial de los recién nacidos es esencial para superar la escasez de leche producida por las madres (Sarker et al., 2015).

La principal estrategia para reducir los costos durante la fase de lactancia consiste en reemplazar la leche de cabra con dietas de menor costo, como las basadas en leche de vaca, sustitutos de leche comerciales o calostro fermentado de vaca. Otras alternativas incluyen el destete temprano y la restricción de las dosis de leche, que conducen a un mayor consumo de alimentos sólidos, que es más barato en comparación con las dietas líquidas (Knupp et al., 2015).

El crecimiento y la salud de los cabritos dependen del manejo y la nutrición. Existen diversas fuentes líquidas de alimento que nutren a los cabritos después de consumir el calostro y la leche de transición. Los sustitutos de leche son buenas fuentes de alimento líquido para los cabritos, y a menudo son más económicos que la leche (Bugti et al., 2016).

Existe una tendencia creciente a utilizar el amamantamiento artificial con sustitutos de leche, con el fin de aumentar el ingreso de los productores mediante la venta de toda la leche en el mercado (Tsiplakou et al., 2016). Los criadores de cabrito se resisten a utilizar un sustituto de leche porque, en su opinión, este tipo de cría implica un mayor costo de mano de obra, la carne se obtiene es de menor calidad y el peso vivo del cabrito es más elevado a la hora del sacrificio, lo que reduce el valor comercial de la carne, porque se considera una carne más dura (Argüello et al., 2005).

2.3.2 Alimentos iniciadores para pre-destete

El consumo de alimento sólido antes del destete juega un papel importante en la adaptación a un cambio en la dieta, ya que estimula al joven rumiante a salivar, masticar y rumiar; y así, iniciar los procesos digestivos en el rumen (Bas et al., 1991).

Una transición gradual del alimento líquido al sólido permite que los rumiantes consuman y digieran suficiente alimento sólido para sostener el crecimiento durante y después del destete; esta transición requiere el desarrollo físico y metabólico del rumen, el desarrollo del aparato salival, el proceso de la rumia y varios ajustes fisiológicos a nivel intestinal, hepático y tisular (Khan et al., 2015).

La reducción en la tasa de mortalidad de cabritos en el consumo de leche y de la mano de obra, además de la mejora del consumo de alimento sólido para inducir el desarrollo temprano del rumen, constituyen un destete exitoso (Lu y Potchoiba, 1988).

El consumo temprano de concentrado estimula un desarrollo rápido del rumen. El alimento iniciador tiene que ser muy digestible y tener una buena palatabilidad. Mientras más rápido acepten la dieta sólida los animales, más pronto se podrá hacer el destete (Castañeda et al., 2008).

Los animales que consumen una cantidad adecuada de alimento concentrado, además de suficiente leche, tienen un mejor desempeño que aquellos que no lo hacen. Los programas de destete utilizados en la crianza de cabritos deben estimular el consumo de alimento (Ugur et al., 2007).

El consumo de materia seca es importante para promover la producción de ácidos grasos volátiles, lo cual estimula el desarrollo del epitelio ruminal. Así mismo, la exposición a alimentos fibrosos durante la fase de amamantamiento también es importante, a través del impacto potencial que tiene sobre la musculatura retículo-ruminal (Goetsch et al., 2001).

2.3.2.1 Pellet

Los estudios relacionados con los efectos del procesamiento de los alimentos en la degradabilidad y utilización del almidón pueden clasificarse en tres categorías: 1) rendimiento y eficiencia en la utilización del alimento, 2) mediciones *in vitro* de los cambios estructurales del almidón y las tasas de fermentación microbiana ruminal y degradación enzimática; y 3) determinaciones *in vivo* de la digestión ruminal, post-ruminal y total (Theurer, 1986).

Los métodos modernos para procesar alimentos concentrados incluyen molienda, hojuelado al vapor, peletizado, extrusión y el proceso de expansión. Dichos métodos de procesamiento pueden afectar la disponibilidad de almidón al alterar sus propiedades o al interactuar con otros componentes del alimento (Svihus et al., 2005).

El sistema de alimentación basado en alimentos peletizados es uno de los métodos prometedores para establecer en la industria caprina. Los principios fundamentales de este sistema, es que los ingredientes alimenticios tanto forrajes como concentrados, son

mezclados, procesados, y se ofrecen a los animales *ad libitum*. Este sistema también asegura, suplementar nutrientes balanceados, reducir el costo y el desperdicio de alimento (Rashid et al., 2016). El peletizado incrementa la densidad de las partículas, permitiendo una mejor tasa de movimiento ruminal, lo que permite incrementar el consumo de materia seca (Ware y Zinn, 2005). Dicho procesamiento influye en la tasa de degradación y la velocidad de paso a través del tracto gastrointestinal de los componentes de la alimentación de los rumiantes. En este caso, el peletizado reduce la resistencia a la degradación del almidón en un 15% (Thomas, 1998).

2.3.2.2 Extruido

Durante la elaboración de los alimentos, las propiedades fisicoquímicas de la dieta pueden alterarse por diferentes procesos, lo que afecta su comportamiento digestivo. Por lo tanto, las distintas maneras de procesar el alimento pueden dar como resultado una variación en el desempeño productivo del animal (Goelema et al., 1999).

Uno de varios métodos usados para incrementar la resistencia de la proteína a la degradabilidad ruminal es el tratamiento con calor (Hadjipanayiotou, 1995; Chapoutot y Sauvant, 1997). El tratamiento moderado con calor de los alimentos ha resultado frecuentemente en mejorar la producción animal en ovinos, bovinos de carne y vacas lecheras (Hadjipanayiotou, 1995).

La extrusión es un método de procesamiento en la fabricación de alimentos. Comparado con los alimentos peletizados, los alimentos extruidos tienen que pasar por una mayor temperatura, presión y fuerza de corte durante el proceso, lo que podría promover la ruptura de los enlaces covalentes de las proteínas, contribuir a la hidrólisis del almidón y proteínas, y disminuir la concentración de factores anti-nutricionales en la dieta (Li et al., 2018).

2.3.3 Destete temprano

En muchos sistemas de producción de leche, los corderos se separan de la oveja a una edad temprana para aumentar la cantidad de leche disponible para la fabricación de queso. Este sistema a menudo se asocia con un menor bienestar animal, como lo indican las alteraciones que se presentan en las respuestas conductuales, endocrinas e inmunes

(Napolitano et al., 2002). Los cabritos son usualmente separados de sus madres, alimentados con un sustituto de leche hasta llegar a un peso aproximado de 8 kg para ser sacrificados y proveer carne (Bugti et al., 2016).

Gran parte de la producción láctea se utiliza para criar a los cabritos, lo que ha llevado a desarrollar sistemas de crianza artificial, siendo un método práctico que reduce los costos laborales; permitiendo que la producción de leche sea destinada al mercado e incrementar las ganancias (Castañeda et al., 2008).

2.4 Características del cabrito para consumo humano

Cabrito es el término español utilizado para describir la carne de caprinos pre-rumiantes que consumen leche, con un peso entre 7 a 8 kg de los 30 a 45 días de edad. El cabrito a menudo se asa a la parrilla o se cocina en un palo sobre fuego de carbón, consumido comúnmente por personas del norte de México, griegos e italianos (Genandoy et al., 2002).

La carne de cabrito se considera un producto tradicional con alta calidad comestible, debido a esto se convierte en una carne cara en el mercado; además, se considera un manjar y una carne roja con un excelente valor nutricional, por tal motivo ha tenido una creciente demanda en la Unión Europea y Estados Unidos (Quaresmaa et al., 2016).

La composición química de la canal de cabrito (animal pre-rumiante) depende de la composición de la dieta; varios estudios han reportado que cuando la composición de los sustitutos de leche fue modificada, la composición de ácidos grasos también cambió (Todaro et al., 2006).

La calidad de la carne, como la perciben los consumidores, es un concepto subjetivo, multidimensional y dinámico. Factores como la raza, edad, sexo, peso al sacrificio, sistema de alimentación y condiciones de sacrificio, son algunos de los factores que afectan la calidad de la carne (Zervas y Tsiplakou, 2011).

El consumo de leche directo de la madre afecta las características de la canal en comparación con el sustituto de leche; la carne de los cabritos amamantados es más suave que la carne de cabritos alimentados con sustituto de leche (Goetsch et al., 2011).

En varias culturas, el rendimiento de la carne de cabra es mayor que el dado por el peso tradicional de la canal, ya que se pueden consumir órganos, porciones de despojo y piel, lo que aumenta el porcentaje de peso corporal consumido (Goetsch et al., 2011). Los cabritos se preparan en base a la cocina clásica, en la que el método tradicional es asar toda la canal, utilizando animales con un peso de canal entre 7 a 10 kg (Rodrigues y Teixeira, 2009).

2.5 Clasificación según la calidad de las canales de cabrito para restaurantes y venta al consumidor

La canal se define como el producto de la matanza, después de desangrar, despellejar, desollar y separar la cabeza y la cola; el riñón y la grasa del riñón se incluyen en la canal (Morand et al., 1991). La canal ideal se puede describir como aquella que tiene una cantidad mínima de hueso, una cantidad máxima de músculo y una cantidad óptima de grasa. Las preferencias del mercado difieren en tamaño de la canal y un nivel de grasa aceptable (Yami y Merkel, 2008).

La forma en que los consumidores asocian el color y brillo de la carne con su frescura varía de acuerdo con sus antecedentes culturales. Por ejemplo, los consumidores españoles y japoneses prefieren la carne pálida a la carne oscura (Vasta et al., 2008).

La calidad intrínseca y los componentes de la carne (contenido de grasa intramuscular, composición de ácidos grasos, sabor, jugosidad y suavidad) pueden influenciar la aceptabilidad del consumidor más que el precio y la calidad (Guerrero et al., 2013). La carne de cabrito es especialmente baja en grasa, tiene un perfil lipídico favorable (composición de ácidos grasos) y es relativamente baja en colesterol (Zervas y Tsiplakou, 2011).

La carne magra de los caprinos puede estar en desventaja con la promoción de sus productos cárnicos, ya que carece de jugo, palatabilidad y tarda mucho tiempo en ablandarse durante la cocción (Marinova et al., 2001).

2.6 Características de evaluación sensorial de la carne de cabrito para restaurantes

El análisis sensorial de la carne realizado por panelistas capacitados es la herramienta más apropiada para explicar las diferencias entre los tratamientos percibidos

por los humanos (Rodrigues y Teixeira, 2009). Además de la evaluación sensorial, el color de la carne se mide objetivamente por colorímetros, según el sistema de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE, 1986); el color se describe mediante tres coordenadas: L^* (luminosidad: cuanto mayor es el valor L^* , más claro es el color), a^* (tendencia al rojo) y b^* (tendencia al amarillo). El color de la carne es un parámetro importante que influye en la elección de compra del consumidor, mientras que el sabor y la ternura se evalúan durante la comida (Vasta et al., 2008).

Estudios sobre la composición química y la calidad de la carne han sugerido que la carne de cabrito no es inferior a la de cordero, sin embargo, la carne de cabrito es color rojo más oscuro que la de corderos (Marichal et al., 2003).

Un factor clave para determinar la calidad de la carne es el pH. La carne de buena calidad por lo general tiene un pH de 5.4 a 5.7. La carne con un valor de pH arriba de 6 generalmente se considera inadecuada para el almacenamiento, debido al desarrollo favorable de bacterias proteolíticas (Yami y Merkel, 2008).

3. JUSTIFICACIÓN

Los cabritos deben cumplir con especificaciones de tamaño y peso para que sus canales puedan ser aceptadas por los restaurantes, sin embargo, muchos de estos cabritos que provienen de la producción extensiva, son destetados a una temprana edad y no cumplen con estos requisitos. Debido a esto, es necesario implementar estrategias de alimentación de cabritos subalimentados para lograr el tamaño de la canal requerida para su comercialización.

4. HIPÓTESIS

Un alimento iniciador extruido mejora el desarrollo ruminal, el desempeño productivo, y la calidad de la canal de cabritos consumiendo un sustituto de leche.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Determinar el beneficio de ofrecer un alimento iniciador peletizado o extruido, además de un sustituto de leche, con el propósito de acelerar el desarrollo ruminal y aumentar el peso y calidad de la canal de cabritos destetados temprano, en sistemas de producción extensivo.

5.2 Objetivos específicos

5.2.1. Medir las variables de desempeño productivo y tamaño corporal de cabritos que consumen solamente sustituto de leche o aquellos también suplementados con un iniciador peletizado o extruido.

5.2.2. Analizar las variables de desarrollo y fermentación ruminal de cabritos que consumen solamente sustituto de leche o aquellos también suplementados con un iniciador peletizado o extruido.

5.2.3. Evaluar las características de la canal y la calidad sensorial de la carne de cabritos que consumen solamente sustituto de leche o aquellos también suplementados con un iniciador peletizado o extruido.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Instalaciones

El estudio de desempeño productivo se llevó a cabo en el Centro de Investigación de MNA de México S.A. de C.V., ubicado en el municipio de Juárez, Nuevo León. La prueba constó de tres etapas para la colección de muestras, registro de datos, análisis estadísticos e interpretación de los resultados: (1) etapa experimental; (2) etapa de análisis de muestras en el laboratorio; y (3) etapa de análisis e interpretación de datos. Los animales tuvieron un periodo de adaptación de 7 días y una etapa experimental de 30 días.

6.2 Características de los cabritos y diseño experimental

Un total de cuarenta y cinco cabritos (21 machos y 24 hembras) de raza Alpino Francés, fueron usados en esta investigación. Todo el manejo de los animales se llevó a cabo respetando el bienestar animal bajo la aplicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999. La edad promedio de los cabritos fue de 4 ± 6 días de nacidos. Los cabritos fueron distribuidos aleatoriamente en un diseño completamente al azar con tres tratamientos, cada uno con 7 machos (M) y 8 hembras (H), alojados individualmente en jaulas de 0.6 m de ancho, 0.8 m de largo, y 1 m de alto (Fotografía 1). Los tratamientos fueron codificados de la siguiente manera: S (cabritos alimentados con sustituto de leche), SE (cabritos alimentados con sustituto de leche más alimento extruido), y SP (cabritos alimentados con sustituto de leche más alimento peletizado).



Fotografía 1. Jaulas utilizadas durante la investigación.

6.3 Manejo de alimentación de los cabritos

Los cabritos fueron identificados individualmente con un arete de plástico con la información del tratamiento al que pertenecía cada animal (S, SE o SP), número de animal y sexo (M o H). Cada jaula estaba equipada para ofrecer el sustituto de leche y el concentrado iniciador (peletizado o extruido) (Fotografía 2).



Tratamiento S
(Sustituto de leche)



Tratamiento SE
(Alimento extruido)



Tratamiento SP
(Alimento peletizado)

Fotografía 2. Alimentos ofrecidos a los cabritos.

Todos los cabritos recibieron calostro de la madre durante sus primeros días de vida. Los primeros días de investigación (7 días), los cabritos fueron adaptados al consumo del sustituto de leche usando biberones colocados en un soporte en cada jaula (Fotografía 3). El manejo de alimentación para los cabritos pertenecientes al tratamiento

S se muestra en la Tabla 1. Los cabritos de los tratamientos SE y SP recibieron dos tomas al día (cada una de 250 ml) divididas en dos horarios (8:00 y 15:00) las primeras dos semanas, y las siguientes semanas, recibieron una toma a las 8:00a. A los cabritos de los tratamientos SE y SP, se les ofreció un alimento iniciador peletizado o extruido con 25% de proteína cruda, 7% de grasa cruda, 9% de fibra cruda, 6% de cenizas, y 39% de ELN. Los ingredientes del alimento iniciador fueron los siguientes: maíz molido, pasta de soya, gluten de maíz, sal, premezcla de vitaminas y minerales, fosfato monocálcico, carbonato de calcio, aceite de palma, salvado de trigo y/o cascarilla de soya, cultivo de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, saborizante artificial y metionina hidroxí-análogo. Melaza y lignosulfonato de sodio fueron usados en la compactación de los pellets. La cantidad de alimento iniciador que se ofreció diariamente fue de 100 g, el cual se incrementó un 10% en base a su consumo del día anterior. Las cantidades diarias de alimento ofrecido (*ad libitum*) y rechazado fueron medidas.

Cuadro 1. Régimen de alimentación para cabritos del tratamiento 1; el número indica la cantidad de biberones (250 ml) ofrecidos en el tratamiento con solamente sustituto de leche.

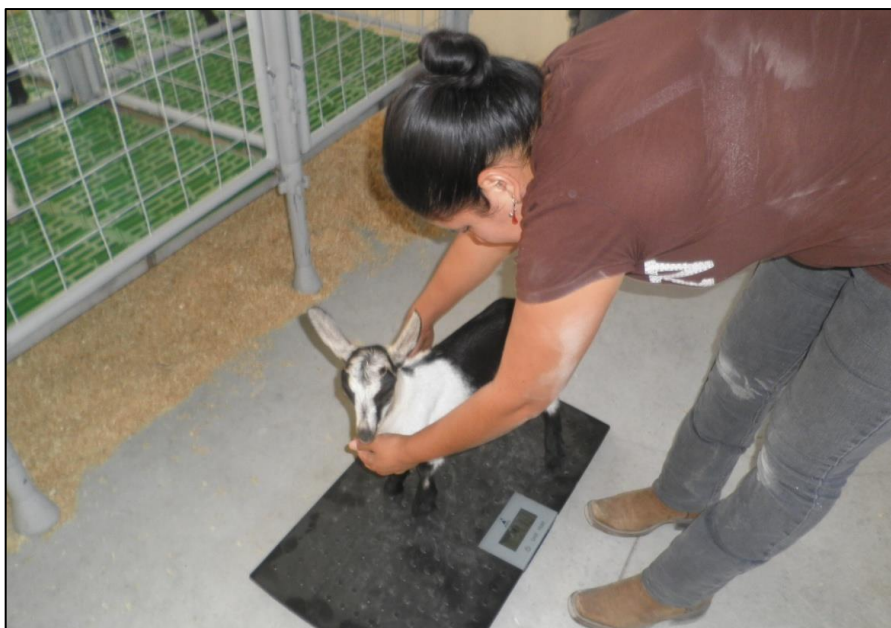
Peso (kg)	Horario de tomas			
	08:00	11:00	14:00	17:00
1				1
1			1	1
1		1	1	1
1		1	1	2
11-12	2	1	1	2



Fotografía 3. Cabrito consumiendo el sustituto de leche.

6.4 Medición de desempeño y calidad de la canal

Los cabritos fueron pesados en ayunas, semanalmente durante 4 semanas a las 8:00, para calcular la ganancia diaria de peso (Fotografía 4). Los consumos de sustituto de leche y de los alimentos iniciadores fueron registrados diariamente, y al final del estudio se calculó el consumo de materia seca. Para calcular el alimento iniciador a ofrecer, se consideraba la diferencia entre el alimento ofrecido y rechazado del día anterior, más un 10%.



Fotografía 4. Pesaje semanal de los cabritos.

Al finalizar el estudio, se realizaron tomas de medidas zoométricas con una cinta métrica flexible (Fotografía 5). Las mediciones fueron las siguientes: altura a la cruz, circunferencia torácica y longitud de tuberosidades (fémur y húmero).



Fotografía 5. Medición de circunferencia torácica de cabritos.

Al final del estudio, todos los cabritos fueron pesados y sacrificados en un rastro TIF, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014. Después del sacrificio, los pesos de las canales calientes (Fotografía 6) y frías (2 a 4 °C) fueron registrados, y se calcularon los rendimientos de las canales caliente y fría. Se registraron los pesos de los órganos internos (hígado, corazón, pulmones) y de los compartimientos del estómago (retículo, rumen, omaso y abomaso), con y sin digesta. Pasadas las 48 h posteriores al sacrificio, estando ya las canales frías a una temperatura de -4°C , se determinó el pH del músculo *longissimus dorsi* (Fotografía 7), según la metodología descrita por Vergara y Gallego (1999), con un potenciómetro Hanna portátil para carne, y se midió el color de la carne con una cámara Minolta, registrando las variables L^* (luminosidad o intensidad de la luz), a^* (tendencia al color rojo) y b^* (tendencia al color amarillo) (Fotografía 8).



Fotografía 6. Canales calientes de cabritos recién sacrificados.



Fotografía 7. Medición del pH en músculo *longissimus dorsi*.



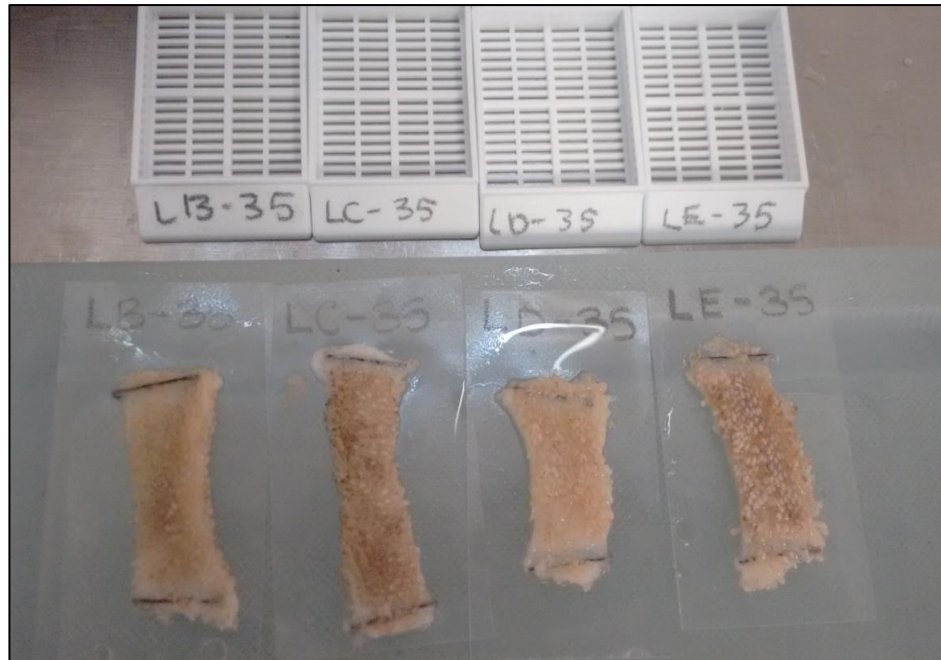
Fotografía 8. Medición del color de la carne.

6.5 Medición de variables de desarrollo ruminal

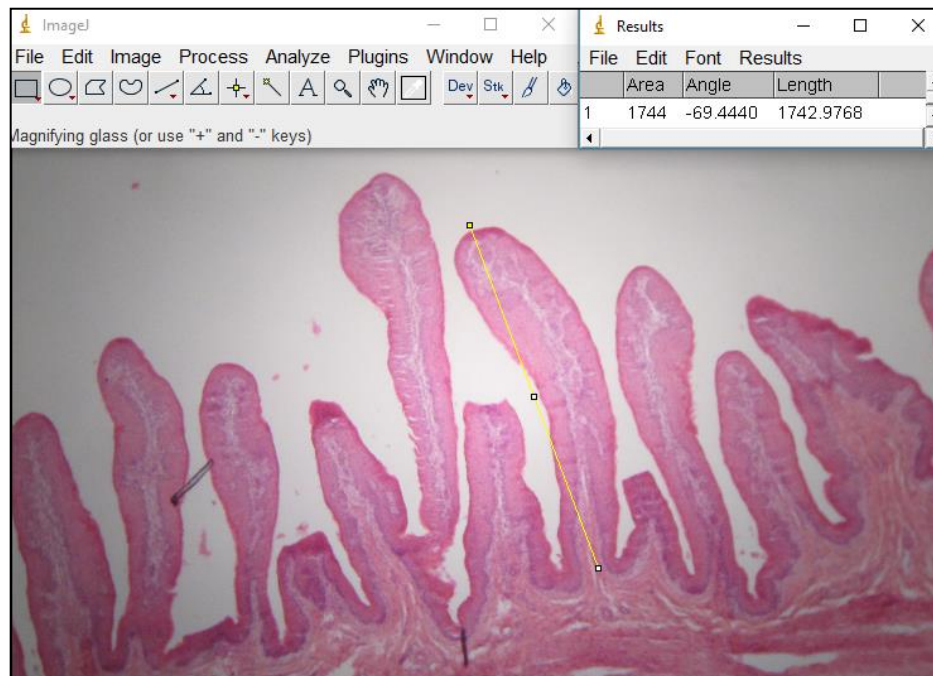
El grosor de la pared del rumen (μm) y el desarrollo de las papilas ruminales (altura y ancho en μm) fueron medidos (Fotografía 9). Para la evaluación histológica, las muestras se obtuvieron de los fragmentos de la pared del rumen de los sacos, dorsal-caudal, dorsal-craneal, ventral-craneal y ciego ventral-caudal, siguiendo la metodología descrita por Lesmeister et al., (2004). Las muestras fueron fijadas en formaldehído y procesadas para su inclusión en parafina (Fotografía 10). Las láminas fueron teñidas con hematoxilina-eosina (Luna, 1968). La altura papilar fue definida como la distancia desde la punta hasta la base de las papilas, y el grosor papilar, fue definido como el promedio del grosor de la base, parte media y punta de las papilas (Fotografía 11). Las medidas fueron tomadas con un microscopio ZEISS utilizando el software Image J (2013).



Fotografía 9. Rumen lavado y vaciado de su contenido.



Fotografía 10. Procesamiento de muestras de tejido ruminal.



Fotografía 11. Medición de papilas ruminales utilizando el software Image J.

6.6 Medición de variables del líquido ruminal

Muestras de líquido ruminal fueron colectadas directamente del rumen, después del sacrificio de los cabritos, utilizando una jeringa de 50 ml (Fotografía 12), e inmediatamente, el pH del líquido ruminal se midió usando un potenciómetro Denver Instruments (Fotografía 13), el cual fue previamente calibrado. Las muestras fueron filtradas a través de varias capas de gasa para separar los sólidos presentes en el líquido ruminal (Fotografía 14), y posteriormente, colocadas en frascos de 100 ml. Inmediatamente después de la medición, se les agregó 1 ml de HCl para detener la fermentación ruminal y poder conservarlos a 20 °C para su posterior análisis de ácidos grasos volátiles.



Fotografía 12. Obtención de muestra de líquido ruminal.



Fotografía 13. Potenciómetro Denver Instruments para medir pH ruminal.



Fotografía 14. Filtrado y almacenamiento de muestras de líquido ruminal.

Para el análisis de ácidos grasos volátiles, las muestras fueron descongeladas a temperatura ambiente, y 6 ml de líquido ruminal fueron colocados en tubos Vacutainer sin EDTA (2 tubos por muestra). El líquido ruminal fue centrifugado a 5,000 rpm durante

un periodo de 20 min, a 4 °C, utilizando una centrifuga de la marca Hettich Zentrifugen. Posteriormente, 5 ml del sobrenadante fueron colocados en tubos Vacutainer sin EDTA, se agregó 1 ml de ácido metafosfórico al 25%, se dejaron reposar en agua helada durante 30 min, y se centrifugaron nuevamente a las mismas revoluciones y durante el mismo tiempo. El sobrenadante desproteínizado se colocó en tubos Vacutainer y se inyectó en el cromatógrafo de gases (Varian Star 300x).

Para determinar las concentraciones de ácidos grasos volátiles, el cromatógrafo de gases se programó con las siguientes especificaciones: columna a 90 °C, inyector a 250 °C, y detector a 300 °C. Se inyectó 1 µl de las muestras y se obtuvieron las concentraciones de los ácidos acético, propiónico y butírico en micromoles (µM), y se calculó el porcentaje molar de estos AGV.

6.7 Calidad sensorial de la carne

Se realizó una prueba de consumidor en el Restaurante “El Gran Pastor” por parte del Laboratorio de Evaluación Sensorial de los Alimentos de la Facultad de Agronomía de la UANL (Fotografía 15). Las canales de los cabritos fueron asadas por el personal del restaurante con sus técnicas de cocción y temperatura ya establecidas. Las muestras de carne se cortaron con una medida de 1.5 cm de ancho, 1.5 cm de largo y 1.5 cm de alto, se colocaron en un plato con un código de identificación, se cubrieron con papel aluminio hasta el momento de servir, y se mantuvieron a 60 °C (Fotografía 16). Primero se evaluaron los cortes de carne provenientes de machos, y posteriormente, de las hembras. Los atributos sensoriales evaluados fueron olor, sabor, jugosidad, y suavidad, las cuales fueron determinadas mediante el nivel de agrado de los consumidores, con los siguientes puntajes: 5) me gusta mucho, 4) me gusta moderadamente, 3) no me gusta ni me disgusta, 2) me disgusta moderadamente, y 1) me disgusta mucho.



Fotografía 15. Cabrito asado para el panel de degustación.



Fotografía 16. Carne de cabrito asado para el panel de degustación.

6.8 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados usando un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3 x 2 (3 tratamientos y 2 sexos), usando el programa Statistix versión 9.0. El modelo usado fue: $Y_{ijk} = T_i + S_j + (TS)_{ij} + E_{ijk}$, donde Y_{ijk} = variable de respuesta; T_i = efecto del i-ésimo régimen de alimentación; S_j = efecto del j-ésimo sexo; $(TS)_{ij}$ = efecto del ij-ésima interacción del régimen de alimentación y sexo; E_{ijk} = error aleatorio con media 0, y varianza $[N \sim (\mu, \sigma^2)]$. Cuando la hipótesis nula (H_0) fue rechazada a un $\alpha = 0.05$ ($P < 0.05$), la comparación de medias se realizó mediante la prueba Tukey. Se realizó un análisis de contrastes para determinar las diferencias en el consumo de materia seca entre los cabritos que consumieron alimentos iniciadores extruido y peletizado.

7. RESULTADOS

2.3 Desempeño de los cabritos

Al final de los 35 días del experimento, los cabritos machos que consumieron solamente el sustituto de leche mostraron mayor peso final ($P = 0.023$) y ganancia diaria de peso ($P = 0.006$) que los tratamientos SE y SP (Tabla 1). Las ganancias de peso fueron 84.9, 51.5 y 43.0 kg/d para S, SE y SP, respectivamente. Los cabritos que recibieron solamente el sustituto de leche consumieron más ($P < 0.001$) materia seca (104.7 g/d) que aquellos suplementados adicionalmente con un alimento iniciador (SE, 54.3 g/d; SP, 52.2 g/d). El consumo de iniciador fue mayor ($P = 0.032$) para el tratamiento SE (51.9 g/d) en comparación con el tratamiento SP (32.1 g/d). El consumo total de MS no fue diferente ($P > 0.05$) entre tratamientos.

7.1 Mediciones corporales

Todas las medidas zoométricas fueron menores en hembras ($P < 0.05$) que en machos (Cuadro 3). Cuando se tomaron en cuenta ambos sexos, la altura a la cruz de los cabritos al final del estudio no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre tratamientos. Sin embargo, los machos finalizaron el estudio con un mayor tamaño (altura a la cruz de 46.7 cm; $P < 0.001$) que las hembras midieron (42.7 cm).

La circunferencia torácica fue mayor ($P = 0.007$) para los cabritos que consumieron solamente el sustituto de leche (46.7 cm) en comparación con los que fueron suplementados con iniciador extruido (43.6 cm) e iniciador peletizado (43.1 cm). Las longitudes de las tuberosidades al fémur y húmero fueron mayores ($P < 0.001$) para los cabritos que consumieron solamente el sustituto de leche en comparación con los cabritos que fueron suplementados adicionalmente con los iniciadores. En estas dos variables también los machos superaron ($P < 0.05$) a las hembras.

Cuadro 2. Variables de desempeño de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con un alimento iniciador extruido o peletizado.

Variable	Dieta ¹			EE ²	Sexo		EE ²	Valor P		
	S	SE	SP		M	H		D	S	D x S
Peso final (kg)	7.546 ^a	6.445 ^{ab}	6.042 ^b	0.512	7.465 ^a	5.890 ^b	0.420	0.023	0.001	0.985
Ganancia de peso (g/d)	84.9 ^a	51.5 ^b	43.0 ^b	12.30	76.3 ^a	43.3 ^b	10.09	0.006	0.003	0.860
Consumo de materia seca (g/d)										
Sustituto de leche	104.7 ^a	54.3 ^b	52.2 ^b	6.29	76.6 ^a	64.1 ^b	5.16	0.001	0.022	0.217
Alimento iniciador ³	-	51.9 ^a	32.1 ^b	9.13	35.2	20.8	7.49	-	-	-
Consumo total	104.7	104.1	86.3	10.79	111.8 ^a	84.9 ^b	8.86	0.169	0.005	0.913
Ganancia:alimento (kg)	0.781 ^a	0.460 ^b	0.460 ^b	0.080	0.649 ^a	0.486 ^b	0.066	0.001	0.019	0.848

¹ S, sustituto de leche; SE, sustituto de leche con iniciador extruido; SP, sustituto de leche con iniciador peletizado.

² EE, error estándar.

³ Contraste: SE comparado con SP (P = 0.032).

^{ab} Medias en las filas con diferentes superíndices son diferentes estadísticamente (P < 0.05).

Cuadro 3. Medidas zoométricas (cm) de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con un alimento iniciador extruido o peletizado

Variables	Dieta ¹			EE ²	Sexo		EE ²	Valor P		
	S	SE	SP		M	H		D	S	D x S
Altura a la cruz	45.6	44.2	44.3	1.282	46.7 ^a	42.7 ^b	1.056	0.515	0.000	0.847
Circunferencia torácica	46.7 ^a	43.6 ^b	43.1 ^b	1.079	46.4 ^a	0.68 ^b	0.889	0.007	0.000	0.686
Longitud tuberosidad fémur	15.7 ^a	13.6 ^b	13.4 ^b	0.421	15.0 ^a	13.5 ^b	0.347	0.000	0.000	0.561
Longitud tuberosidad húmero	14.0 ^a	11.9 ^b	11.7 ^b	0.459	13.1 ^a	11.9 ^b	0.378	0.000	0.005	0.306

¹ S, sustituto de leche; SE, sustituto de leche con iniciador extruido; SP, sustituto de leche con iniciador peletizado.

² EE, error estándar.

^{ab} Medias en las filas con diferentes superíndices son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

7.2 Pesos de órganos

En el Cuadro 4 se presentan los pesos de los órganos de los cabritos de los tres tratamientos. Se observaron diferencias significativas en los pesos de hígado ($P = 0.015$) y corazón ($P = 0.001$) en cabritos que consumieron solamente sustituto de leche en comparación con los otros tratamientos suplementados con los iniciadores. Los machos tuvieron mayores pesos de hígado ($P = 0.002$) e intestino delgado ($P = 0.023$) que las hembras.

7.3 Características de la canal y calidad de la carne

En el Cuadro 5, se presentan las medias de las variables de las características de la canal y pH de la carne. Los pesos de la canal caliente y la canal fría fueron mayores ($P < 0.05$) para los cabritos que consumieron sustituto de leche. Cuando comparamos machos contra hembras, las canales calientes y frías fueron mayores ($P \leq 0.001$) para los machos. No se observaron diferencias entre las canales de cabritos suplementados con iniciador extruido o peletizado. Tampoco se observaron diferencias ($P > 0.05$) en los rendimientos de las canales calientes y frías.

Los pesos de la grasa mesentérica fueron mayores ($P = 0.002$) para los cabritos que consumieron sustituto de leche (0.045 kg) en comparación con los cabritos suplementados con el iniciador extruido (0.021 kg) o el iniciador peletizado (0.015 kg). La cantidad de la grasa mesentérica obtenida de machos (0.028 kg) y hembras (0.025 kg) no fue diferente ($P > 0.05$).

No se observó una diferencia en el pH de la carne obtenido de las canales de cabritos suplementados con un iniciador extruido o peletizado ($P > 0.05$), o entre machos y hembras ($P > 0.05$).

Las variables de calidad de la carne se presentan en el Cuadro 6. El olor de la carne detectado por el panel de degustación fue diferente entre tratamientos ($P = 0.051$), siendo más agradable en la carne de los cabritos que consumieron solamente sustituto de leche. El olor de la carne de machos y hembras no fue diferente ($P = 0.743$).

En el Cuadro 7, se presentan algunas variables de color de la carne que son indicativas de su calidad. Ninguna de las variables de color fueron diferentes entre tratamientos ($P > 0.05$), ni entre machos y hembras ($P > 0.05$).

Cuadro 4. Pesos de órganos (kg) de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con un alimento iniciador extruido o peletizado.

Variables	Dieta ¹			EE ²	Sexo		EE ²	Valor P		
	S	SE	SP		M	H		D	S	D x S
Hígado	0.249 ^a	0.190 ^b	0.195 ^b	0.020	0.239 ^a	0.184 ^b	0.017	0.015	0.002	0.731
Corazón	0.078 ^a	0.059 ^{ab}	0.041 ^b	0.008	0.064	0.054	0.007	0.001	0.194	0.424
Intestino delgado	0.235	0.274	0.231	0.038	0.286 ^a	0.207 ^b	0.031	0.445	0.023	0.422
Cabeza	0.54	0.53	0.52	0.036	0.56 ^a	0.50 ^b	0.029	0.797	0.047	0.449
Piel	1.40	1.29	1.26	0.112	1.389	1.248	0.093	0.451	0.137	0.769

¹ S, sustituto de leche; SE, sustituto de leche con iniciador extruido; SP, sustituto de leche con iniciador peletizado.

² EE, error estándar.

^{ab} Medias en las filas con diferentes superíndices son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

Cuadro 5. Características de la canal de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con un alimento iniciador extruido o peletizado.

Variable	Dieta ¹			EE ²	Sexo		EE ²	Valor P		
	S	SE	SP		M	H		D	S	D x S
Peso canal caliente (kg)	4.02 ^a	3.26 ^b	3.11 ^b	0.295	3.97 ^a	2.96 ^b	0.243	0.014	0.000	0.985
Peso canal fría (kg)	3.85 ^a	2.98 ^b	2.99 ^b	0.295	3.71 ^a	2.84 ^b	0.243	0.011	0.001	0.796
Rendimiento canal caliente (%)	52.9	50.96	51.69	2.005	52.98	50.71	1.652	0.644	0.179	0.912
Rendimiento canal fría (%)	50.7	47.22	49.57	2.543	49.66	48.64	2.095	0.395	0.628	0.567
Grasa mesentérica (kg)	0.045 ^a	0.021 ^b	0.015 ^b	0.007	0.028	0.025	0.006	0.002	0.645	0.924
pH de la carne	5.9	5.8	5.8	0.055	5.8	5.8	0.045	0.525	0.689	0.390

¹ S, sustituto de leche; SE, sustituto de leche con iniciador extruido; SP, sustituto de leche con iniciador peletizado.

² EE, error estándar.

^{ab} Medias en las filas con diferentes superíndices son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

7.4 Desarrollo ruminal

En los Cuadro 8, 9 y 10 se presentan los pesos de los compartimientos del estómago de los cabritos, y el tamaño de las papilas del rumen. Los cabritos suplementados con el iniciador extruido tuvieron mayores pesos del retículo-rumen ($P = 0.026$) y del rumen ($P = 0.019$), en comparación con aquellos alimentados exclusivamente con sustituto de leche (Cuadro 8). Sin embargo, no hubo diferencia en los pesos de estos compartimientos entre los iniciadores extruido y peletizado.

El largo de las papilas del saco dorsal-craneal del rumen tendió a ser mayor ($P = 0.098$) en los cabritos suplementados con los iniciadores extruido o peletizado, que en cabritos alimentados exclusivamente con sustituto de leche (Cuadro 9).

El ancho de las papilas ruminales del saco dorsal-craneal fue mayor para los machos (879 μm) que para las hembras (609 μm). En el saco ventral-craneal del rumen se obtuvieron mayores medidas de ancho de papilas en cabritos suplementados con iniciador peletizado (937 μm) en comparación con la suplementación de solamente sustituto de leche (516 μm), no habiendo diferencias entre los dos iniciadores (Cuadro 10).

7.5 Fermentación ruminal

El pH ruminal y las concentraciones de ácidos grasos volátiles se presentan en el Cuadro 11. El pH del rumen fue mayor ($P < 0.05$) para los cabritos que consumieron sustituto de leche (3.6), en comparación con aquellos adicionalmente suplementados con el iniciador peletizado (2.7), no habiendo diferencia entre los dos alimentos iniciadores. La concentración de ácido acético en líquido ruminal (milimoles) fue mayor ($P = 0.029$) en cabritos suplementados con el iniciador extruido en comparación con cabritos alimentados exclusivamente con sustituto de leche, no habiendo diferencia entre los iniciadores extruido y peletizado. El porcentaje molar de los ácidos acético, propiónico y butírico no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 6. Variables de calidad de la carne de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con alimento iniciador extruido o peletizado.

Variables	Dieta ¹			EE ²	Sexo		EE ²	Valor P		
	S	SE	SP		M	H		D	S	D x S
Jugosidad	3.73	3.37	3.48	0.126	3.5	3.56	0.103	0.111	0.702	0.994
Olor	3.97 ^a	3.7 ^{ab}	3.57 ^b	0.117	3.77	3.72	0.096	0.051	0.743	0.973
Sabor	3.78	3.75	3.45	0.131	3.53	3.79	0.107	0.145	0.094	0.515
Terneza	3.87	3.7	3.77	0.138	3.76	3.8	0.138	0.692	0.781	0.692

¹ S, sustituto de leche; SE, sustituto de leche con iniciador extruido; SP, sustituto de leche con iniciador peletizado.

² EE, error estándar.

^{ab} Medias en las filas con diferentes superíndices son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

Cuadro 7. Variables de color de la carne de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con alimento iniciador extruido o peletizado (Bloques).

Variables ¹	Dieta ²			EE ³	Sexo		EE ³	Valor P		
	S	SE	SP		M	H		D	S	D x S
L*	48.58	49.10	52.50	2.239	50.35	49.77	1.833	0.19	0.757	0.942
a*	11.93	11.84	12.23	1.234	12.75	11.24	1.01	0.946	0.152	0.556
b*	7.76	7.97	8.50	0.841	8.31	7.83	0.689	0.667	0.493	0.369
Color	33.18	33.65	35.17	1.717	33.24	34.77	1.406	0.492	0.29	0.333

¹ L*, luminosidad; a*, tendencia al color rojo; b*, tendencia al color amarillo.

² S, sustituto de leche; SE, sustituto de leche con iniciador extruido; SP, sustituto de leche con iniciador peletizado.

³ EE, error estándar.

Cuadro 8. Peso del retículo-rumen (kg) de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con alimento iniciador extruido o peletizado.

Variables	Dieta ¹			EE ²	Sexo		EE ²	Valor P		
	S	SE	SP		M	H		D	S	D x S
TGI ³	1.86	1.94	1.74	0.183	2.05 ^a	1.65 ^b	0.149	0.513	0.012	0.266
TGI vacío	0.323	0.273	0.26	0.037	0.295	0.276	0.031	0.202	0.559	0.755
Omaso-abomaso	0.107	0.086	0.091	0.018	0.011	0.010	0.015	0.516	0.918	0.873
Rumen-retículo	0.075 ^b	0.121 ^a	0.110 ^{ab}	0.016	0.112	0.092	0.013	0.026	0.139	0.130
Rumen	0.062 ^b	0.104 ^a	0.092 ^{ab}	0.014	0.095	0.774	0.011	0.019	0.137	0.112
Retículo	0.014	0.017	0.018	0.002	0.017	0.015	0.002	0.363	0.346	0.169

¹ S, sustituto de leche; SE, sustituto de leche con iniciador extruido; SP, sustituto de leche con iniciador peletizado.

² EE, error estándar.

³ TGI, tracto gastrointestinal.

^{ab} Medias en las filas con diferentes superíndices son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

Cuadro 9. Medidas del largo de papilas (μm) en cuatro secciones del rumen de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con alimento iniciador extruido o peletizado.

Variables	Dieta ¹			EE ²	Sexo		EE ²	Valor P		
	S	SE	SP		M	H		D	S	D x S
Saco dorsal-caudal	1373	1950	1713	318	1833	1524	268	0.256	0.256	0.467
Saco dorsal-craneal	1264	1897	1804	266	1607	1703	225	0.098	0.671	0.324
Saco ventral-craneal	1793	2309	2099	334	2049	2086	266	0.330	0.891	0.169
Saco ciego ventral-caudal	1801	2155	2254	368	2147	1993	311	0.536	0.622	0.098

¹ S, sustituto de leche; S, sustituto de leche con iniciador extruido; SP, sustituto de leche con iniciador peletizado.

² EE, error estándar.

Cuadro 10. Medidas del ancho de papilas (μm) en cuatro secciones del rumen de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con alimento iniciador extruido o peletizado.

Variables	Dieta ¹			EE ²	Sexo		EE ²	Valor P		
	S	SE	SP		M	H		D	S	D x S
Saco dorsal-caudal	566	784	742	114	664	731	122	0.267	0.585	0.122
Saco dorsal-craneal	7467	693	793	82	879 ^a	609 ^b	89	0.317	0.005	0.023
Saco ventral-craneal	516 ^b	804 ^{ab}	937 ^a	116	703	801	124	0.019	0.435	0.376
Saco ciego ventral-caudal	655	850	779	133	760	762	140	0.425	0.990	0.430

¹ S, sustituto de leche; SE, sustituto de leche con iniciador extruido; SP, sustituto de leche con iniciador peletizado.

² EE, error estándar.

^{ab} Medias en las filas con diferentes superíndices son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

Cuadro 11. Variables de ácidos grasos volátiles en líquido ruminal de cabritos consumiendo solamente sustituto de leche, o adicionalmente suplementados con alimento iniciador extruido o peletizado.

Variables	Dieta ¹			EE ²	Valor P
	S	SE	SP		
pH ruminal	3.6 ^a	3.1 ^{ab}	2.7 ^b	0.258	0.050
AGV (milimoles)					
Ácido acético	8.71 ^b	14.10 ^a	13.84 ^{ab}	2.097	0.029
Ácido propiónico	0.670	0.735	0.499	0.401	0.832
Ácido butírico	0.677	0.445	0.683	0.409	0.793
AGV (% molar)					
Ácido acético	91.7	93.8	91.5	2.959	0.684
Ácido propiónico	4.47	3.99	3.63	1.903	0.269
Ácido butírico	3.88	2.20	4.85	1.654	0.911

¹ S, sustituto de leche; SE, sustituto de leche con iniciador extruido; SP, sustituto de leche con iniciador peletizado.

² EE, error estándar.

^{ab} Medias en las filas con diferentes superíndices son diferentes estadísticamente (P < 0.05).

8. DISCUSIÓN

8.1 Desempeño de los cabritos

En esta investigación se utilizó un sustituto de leche exclusivamente a base de proteína láctea. En un estudio con cabritos, Perez et al. (2001) evaluaron tres productos lácteos (leche de cabra, sustituto de leche para becerros y sustituto de leche para cabritos en cantidad de 1 litro por día). Los pesos finales y la ganancia diaria de peso fueron mayores para los animales que consumieron leche de cabra. Delgado et al. (2009) reportaron que no hubo diferencias significativas en los pesos finales y las ganancias diarias de peso entre tratamientos y el sexo de cabritos bajo dos sistemas de alimentación (leche natural vs artificial). Rahman et al. (2016) realizaron un estudio con cabritos ofreciendo leche materna directo de la madre (5 veces al día) y dos tipos de sustituto de leche elaborados con shotti y leche desnatada (5 veces al día), más un alimento iniciador, y no se observó diferencias significativas en los consumos de leche o sustituto de leche entre tratamientos.

En este estudio, los pesos finales y la ganancia diaria de peso fueron mayores para los cabritos alimentados exclusivamente con sustituto de leche, en comparación con aquellos adicionalmente suplementados con un iniciador extruido o peletizado. Nuestros resultados son contrarios a los reportados por Danso et al. (2016) donde la ganancia diaria de peso fue mayor (32 %) para corderos que consumieron un iniciador peletizado (*ad libitum*), en comparación con los que consumieron solamente sustituto de leche.

El consumo de sustituto de leche se redujo 58.5% para cabritos que consumieron el iniciador extruido y 61.9% para cabritos con el iniciador peletizado, en comparación con el tratamiento alimentado exclusivamente con el sustituto de leche. Zobel et al. (2020) investigaron distintos métodos de destete en cabritos recibiendo un sustituto de leche y un alimento iniciador peletizado ofrecidos *ad libitum*, y no observaron diferencias significativas entre tratamientos en los consumos de leche o del iniciador. Kristensen et al. (2007) ofrecieron distintas cantidades de sustituto de leche (3.10, 4.84, 6.60, 8.34 kg) más un alimento iniciador, donde los animales que consumieron una menor cantidad de sustituto de leche tuvieron un mayor consumo de alimento iniciador. Eckert et al. (2015)

investigaron el efecto de la edad al destete (6 y 8 semanas) en los consumos de leche y alimento iniciador en becerros lecheros y también observaron que los consumos de alimento iniciador fueron mayores conforme se disminuía el consumo de leche. Esto se relaciona con lo reportado a un estudio anterior (Warner et al., 1956), en donde se demuestra que el consumo de alimentos sólidos es mayor después de las 4 semanas de edad, ya que se inicia el desarrollo y la fermentación ruminal, y disminuye el consumo de leche (como % de peso corporal).

El procesamiento de ingredientes puede alterar la tasa de fermentación ruminal y la velocidad de paso de la digesta, afectando así el consumo de alimentos sólidos (Khan et al., 2015). En nuestro estudio, el consumo de iniciador fue mayor en extruido, en comparación con el peletizado (51.9 g/d vs 32.1g/d). Estos resultados son contrarios a los reportados por Castro y Elizondo (2012), donde los becerros tuvieron mayores consumos con iniciadores peletizados seguido de iniciadores extruidos. Las diferencias en el consumo de materia seca no quedaron claramente establecidas, ya que los mayores consumos no se vieron reflejados en mejores ganancias de peso.

8.2 Mediciones corporales

En todas las medidas zoométricas, las hembras tuvieron menores tamaños que los machos. Los cabritos que consumieron el sustituto de leche en comparación con iniciador extruido o peletizado presentaron los mejores resultados. Kotresh et al. (2018), reportaron que cabritos alimentados con un concentrado semi-sólido, además de leche materna, tres veces al día durante 30 minutos, tuvieron una mayor circunferencia torácica que aquellos que consumieron solamente leche materna. Castro y Elizondo (2012) investigaron el efecto de ofrecer un alimento iniciador (10% del peso vivo) sometido a varios procesos (harina, peletizado o extruido). Los animales que consumieron el concentrado iniciador extruido y peletizado tuvieron una altura a la cruz significativamente mayor a aquellos que consumieron el iniciador en harina. Esto puede atribuirse a un mayor consumo de alimento sólido, un retículo-rumen metabólica y físicamente mejor, y una mayor suplementación de nutrientes para la fermentación ruminal (Khan et al., 2007).

8.3 Pesos de órganos

Los pesos de hígado y corazón fueron mayores para los cabritos que consumieron sustituto de leche, en comparación con aquellos suplementados adicionalmente con alimento iniciador extruido o peletizado. No se encontraron estudios publicados en donde se comparan los pesos de los órganos de cabritos suplementados con iniciadores en harina, extruidos o peletizados.

Perez et al. (2001) no observaron diferencias significativas en los pesos del hígado y corazón de cabritos alimentados con leche de cabra, sustituto de leche para cabrito o sustituto de leche para becerros (1 litro por día). Estos autores observaron diferencias significativas en el peso de la cabeza y la piel, siendo mayores para los cabritos que consumieron leche de cabra. Vacca et al. (2014) reportaron que los pesos del corazón, pulmón, hígado y cabeza de cabritos no tuvieron una diferencia significativa con relación al consumo de leche materna (2 veces al día) comparados con aquellos que consumieron un sustituto de leche acidificado (*ad libitum*). Esto puede deberse a las diferencias entre los sustitutos utilizados y las diferencias entre especies.

8.4 Características de la canal y calidad de la carne

En el presente estudio, los pesos (kg) y rendimientos (%) de la canal caliente y fría fueron mayores para los cabritos que consumieron sustituto de leche. Genandoy et al. (2002) distribuyeron cabritos en tres tratamientos: (1) leche *ad libitum*; (2) consumo limitado de leche (1 kg de leche por día); y (3) consumo limitado de leche más concentrado (1 kg de leche por día, más concentrado *ad libitum*), observando que los pesos al sacrificio fueron mayores en animales que consumieron leche *ad libitum*, siendo similar a nuestros resultados. En contraste, Napolitano et al. (2002) alimentaron corderos *ad libitum* (2 veces al día) con leche materna o con sustituto de leche artificial, ambos suplementados con un alimento iniciador a partir de los 15 días de edad. Estos autores no encontraron diferencia en el peso de la canal. Sin embargo, el rendimiento de la canal fue mayor en los animales que se criaron artificialmente. Todaro et al. (2006) reportaron que no se observaron diferencias significativas en el peso y rendimiento de la canal de cabritos alimentados solamente con leche de cabra (2 veces al día) en comparación con

aquellos alimentados con leche más concentrado (leche 2 veces al día y concentrado *ad libitum*).

Los pesos de la grasa mesentérica fueron mayores para los cabritos que consumieron solamente sustituto de leche en comparación con aquellos suplementados con un alimento iniciador extruido o peletizado. No se encontraron estudios en los que se midiera la grasa mesentérica de cabritos suplementados con un alimento iniciador. Vacca et al. (2014) ofrecieron leche materna (2 veces al día) y un sustituto de leche acidificado (*ad libitum*) a cabritos, observaron que los porcentajes de grasa interna depositada (mesentérica, riñón y pelvis) fueron mayores en los cabritos que consumieron leche de cabra.

En nuestro estudio, el pH de la carne no fue diferente entre tratamientos. Argüello et al. (2005) compararon la leche de cabra (*ad libitum*) con un sustituto de leche (2 veces al día más concentrado indicador a los 15 días de edad). Estos autores no observaron diferencias en el pH de la carne de los cabritos. Sus resultados son similares a los de nuestro estudio, donde el pH fue mayor en los animales que consumieron sustituto de leche. Nuestros resultados también concuerdan con lo reportado por Marichal et al. (2003), quienes obtuvieron valores similares en el pH de la carne (24 h *post mortem*) de cabritos alimentados con sustituto de leche o un iniciador peletizado. Un rango aceptable de pH de la carne es 5.5 a 5.7 (Hedrick et al., 1994).

La calidad sensorial de la carne puede evaluarse mediante el sabor, jugosidad y suavidad. En este estudio, no se observaron diferencias entre los atributos de calidad sensorial evaluados en la carne de los cabritos entre tratamientos, a excepción del olor de la carne degustada. El panel de degustación concluyó que el olor de la carne de los cabritos alimentados exclusivamente con sustituto de leche fue de mayor agrado, en comparación con la carne de los cabritos suplementados con los alimentos iniciadores. Esto concuerda parcialmente con la creencia generalizada, que el cabrito lechal que no consume alimento seco tiene características organolépticas más aceptables para el consumidor (Zervas y Tsiplakou, 2011). Goetsch et al. (2011) realizaron una revisión de los factores que afectan la producción y calidad de la carne de cabritos, y concluyeron que la carne de cabritos que consumieron leche de la madre fue más suave que la carne de cabritos que consumieron sustituto de leche.

El color de la carne es otra variable que influye en la elección de compra del consumidor (Zervas y Tsiplakou, 2011). En este estudio, ninguna de las variables de color fue diferente entre tratamientos, o entre machos y hembras. De Palo et al. (2015) evaluaron distintos sustitutos de leche (leche de cabra, sustituto de leche y sustituto de leche acidificado) para medir la calidad y el color de la carne de cabritos. En contraste con nuestro estudio, ellos reportaron una menor luminosidad (L^*) y tendencia al amarillo (b^*) en la carne de cabritos alimentados con leche de cabra y sustituto de leche acidificado, estando estrictamente relacionados la composición y oxidación de los ácidos grasos con el color de la carne. Vergara y Gallego (1999) reportaron diferencias en la L^* de la carne de cabritos, mostrando un color más pálido en aquellos animales que fueron alimentados con leche materna hasta el sacrificio, mientras que en tendencia al rojo (a^*) y b^* no hubo diferencias significativas.

8.5 Desarrollo ruminal

El peso del retículo-rumen fue mayor para cabritos suplementados con el iniciador extruido, sin embargo, cuando se separaron el rumen y el retículo, solamente el peso del rumen fue significativamente diferente, observándose menor desarrollo de los rúmenes de cabritos suplementados con el sustituto de leche. En un estudio de Amaral et al. (2005), los cabritos recibieron alimentos iniciadores (molido, peletizado o extruido), ofrecidos *ad libitum*. En contraste con nuestro estudio, el peso del retículo-rumen fue mayor con el alimento peletizado en comparación con los alimentos molido y extruido. Kristensen et al. (2007) reportaron un mayor peso del retículo-rumen en becerros que consumieron un alimento iniciador en comparación con aquellos que consumieron sustituto de leche. Estos autores atribuyen este mayor desarrollo ruminal a un incremento en las concentraciones sanguíneas de ácidos grasos volátiles. Pazoki et al. (2017) observaron que el peso del retículo-rumen fue mayor para becerros que consumieron un iniciador molido más heno de alfalfa, en comparación con aquellos que consumieron iniciadores peletizado o molido. Ellos concluyeron que al ofrecer una fuente de forraje se obtiene una mayor funcionalidad y capacidad del retículo-rumen, atribuido al aumento en el grosor y un desarrollo muscular de la pared ruminal.

Los cambios en la forma física del grano pueden tener una influencia en la funcionalidad del rumen, en el consumo y digestibilidad, ya que durante el procesamiento con calor de los granos se gelatiniza el almidón dejando una mayor superficie de adhesión para los microorganismos ruminales, lo que provoca cambios en la producción de AGV y pH ruminal. En un estudio realizado por Castro y Elizondo (2012), no se observaron diferencias significativas en el peso del retículo-rumen y otras variables de desarrollo ruminal en becerros suplementados con iniciadores en harina, extruido y peletizado.

El largo de las papilas del saco dorsal-craneal del rumen tendió a ser mayor para los cabritos suplementados con los iniciadores extruido y peletizado. Estos resultados son contrarios a los que reportaron Amaral et al. (2005), al observar que la altura de las papilas ruminales fue mayor en los cabritos que consumieron alimento peletizado, y menor en los animales que consumieron alimento extruido. Sin embargo, los alimentos peletizado o extruido contenían demasiado forraje (40%), y este tipo de alimentos no es apropiado para ser extruidos. Pazoki et al. (2017) reportaron en un estudio con becerros, que el largo de las papilas ruminales fue mayor para los animales que consumieron alimento iniciador molido más heno de alfalfa, y menor para aquellos que consumieron iniciador peletizado.

En el saco dorsal-craneal del rumen se obtuvieron mayores valores de ancho de papilas en los cabritos suplementados con el iniciador peletizado, en comparación con aquellos que consumieron solamente el sustituto de leche; sin embargo, no se detectó una diferencia significativa entre los alimentos iniciadores peletizado o extruido. Amaral et al. (2005) realizaron un estudio con cabritos machos que recibieron uno de tres tratamientos: control (ración molida), ración peletizada o ración extruida, observando un mayor grosor de las papilas ruminales en cabritos que consumieron la ración extruida en comparación con aquellos que consumieron la ración peletizado.

8.6 Fermentación ruminal

El pH ruminal fue mayor en cabritos alimentados exclusivamente con sustituto de leche, en comparación con aquellos suplementados con el iniciador peletizado. Un pH ruminal de 2.7 a 3.6 es típico de un rumen subdesarrollado. Pazoki et al. (2017)

reportaron que no hubo diferencia en el pH ruminal de becerros alimentados con iniciadores en varias formas físicas (molido, texturizado, peletizado o molido más heno de alfalfa).

La concentración (mmoles) de ácido acético en el retículo-rumen fue más alta en cabritos que consumieron el iniciador extruido, en comparación con aquellos que solamente consumieron sustituto de leche. Pazoki et al. (2017) no encontraron diferencias en la concentración de AGV entre iniciadores ofrecidos a becerros en varias formas físicas (molido, texturizado, peletizado o molido más heno de alfalfa), pero si observaron que, a mayor edad del animal, las concentraciones de ácido propiónico fueron mayores para los becerros que consumieron alimento peletizado, lo que indica que se tuvo una mayor fermentación del almidón en el rumen con este tipo de alimento iniciador.

9. CONCLUSIÓN

La suplementación con un alimento iniciador extruido mejoró el desarrollo ruminal de los cabritos. Sin embargo, los pesos de la canal fueron mayores para los cabritos que consumieron solamente el sustituto de leche. Una característica favorable de consumir solamente sustituto de leche fue una mayor cantidad de grasa abdominal en las canales. De las demás variables sensoriales, solamente el olor de la carne de cabritos alimentados con sustituto de leche fue de mayor agrado para el panel de degustación. Esta es una cualidad característica de la carne de los cabritos lechales.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Abecia, L., Jiménez, E., Martínez Fernandez, G., Martínez García, A., Ramos Morales, E., Pinloche, E., y otros. (2017). Natural and artificial feeding management before weaning promote different rumen microbial colonization but not differences in gene expression levels at the rumen epithelium of newborn goats. *PLOS One* 12 (8), e0182235.
- Amaral, C., Sugohara, A., Resende, K., Machado, M., Cruz, C. (2005). Performance and ruminal morphologic characteristics of Saanen kids fed ground, pelleted or extruded total ration. *Small Ruminant Research* 58, 47-54.
- Argüello, A., Castro, N., Capote, J. (2004). Growth of milk replacer kids fed under three different managements. *Journal of Applied Animal Research* 25, 37-40.
- Argüello, A., Castro, N., Capote, J., Solomon, M. (2005). Effects of diet and live weight at slaughter on kid meat quality. *Meat Science* 70, 173-179.
- Atasoglu, C., Yurtman, I. Y., Savas, T., Gültepe, M., Özcan, Ö. (2008). Effect of weaning on behavior and serum parameters in dairy goat kids. *Animal Science Journal* 79, 435-442.
- Balbuena, O. (2010). *El Destete*. Recuperado el 10 de septiembre de 2018, de http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/destete/87-Destete.pdf
- Bas, P., Morand-Fehr, P., Schmidely, P. (1991). Weaning: A critical period of young kids. En P. Morand-Fehr, *Goat Nutrition*. Wageningen: Pudoc. pp. 271-273.
- Bavera, G. (2008). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/destete/35-destete_hiperprecoz.pdf
- Béguet, H., Bocco, O., Mac Loughlin, J. V., Sagripanti, G. (2011). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/destete/106-Destete_papilas_ruminales.pdf
- Beharka, A., Nagaraja, T., Morrill, J., Kennedy, G., Klemm, R. (1998). Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *Journal of Dairy Science* 81, 1946-1955.

- Bugti, A. G., Kaleri, H. A., Shah, M. A., Zaman, S., Iqbal, M. A., Samo, A. K., y otros. (2016). Effect of Milk Replacer on the Growth of Goat Kids. *Journal of Agriculture Biotechnology 1*, 22-25.
- Caroprese, M., Ciliberti, M., Santillo, A., Marino, R., Sevi, A., Albenzio, M. (2016). Immune response, productivity and quality of milk from grazing goats as affected by dietary polyunsaturated fatty acid supplementation. *Research in Veterinary Science 105*, 229–235.
- Caroprese, M., Giannenas, I., Fthenakis, G. (2015). Interactions between nutritional approaches and defences against microbial diseases in small ruminants. *Veterinary Microbiology 181*, 8-14.
- Castañeda, B., Rodríguez, N., Ochoa, C., Torres, H., Mandeville, P. (2008). Economic feasibility of the artificial raising and productive performance of Nubian kids: an experience of México. *9th International Conference on Goats*, Querétaro, México. pp. 133.
- Castro Flores, P., Elizondo Salazar, J. (2012). Crecimiento y desarrollo ruminal en terneros alimentados con iniciador sometido a diferentes procesos. *Mesoamerican Journal of Agronomy 23* (2), 343-352.
- Celi, P., Di Trana, A., Claps, S., Di Gregorio, P. (2008). Effects of Perinatal Nutrition on Metabolic and Hormonal Profiles of. *Asian-Aust. J. Anim. Sci. 21*, 1585-1591.
- Chapoutot, P., Sauvant, D. (1997). Nutritive value of raw and extruded pea-rapeseed blends for ruminants. *Animal Feed Science Technology 65*, 59-77.
- Chaves, A., Costa, S., Queiroz, L., Neves, M. (2014). Performance of Calves Submitted to Protocols Using Extruded or Ground Starter. *Brazilian Archives of Biology and Technology 57*, 695-700.
- CIE (1986) Colorimetry. 2nd Edition, Publication CIE No. 15.2. Commission Internationale de l'Eclairage, Vienna.
- Clark, S., Mora García, M. B. (2017). A 100-Year Review: Advances in goat milk research. *Journal of Dairy Science 100*, 10026-10044.
- Coverdale, J., Tyler, H., Quigley, J., Brumm, J. (2004). Effect of various levels of forage and form of diet on rumen development and growth in calves. *Journal of Dairy Science 87*, 2554-2562.

- Danso, A., Morel, P., Kenyon, P., Blair, H. (2016). Effect of different feeding regimens on energy and protein utilization and partitioning for maintenance and growth in pre-weaned lambs reared artificially. *Journal of Animal Science* 94, 5359-5371.
- De Palo, P., Maggiolino, A., Centoducati, N., Tateo, A. (2015). Effects of different milk replacers on carcass traits, meat quality, meat color and fatty acids profile of dairy goat kids. *Small Ruminant Research* 131, 6-11.
- Delgado Pertíñez, M., Guzmán Guerrero, J., Mena, Y., Castel, J., González Redondo, P., C. F. (2009). Influence of kid rearing systems on milk yield, kid growth and cost of Florida dairy goats. *Small Ruminant Research* 81, 105-111.
- Devrim, A., Elmaz, O., Mamak, N., Sudagidan, M. (2015). Levels of hormones and cytokines associated with growth in Honamli and native hair goats. *Polish Journal of Veterinary Sciences* 18, 433-438.
- Eckert, E., Brown, H., Leslie, K., DeVries, T., Steele, M. (2015). Weaning age affects growth, feed intake, gastrointestinal development, and behavior in Holstein calves fed an elevated plane of nutrition during the preweaning stage. *Journal of Dairy Science* 98, 1-12.
- Genandoy, H., Sahlu, T., Davis, J., Wang, R., Hart, S. (2002). Effects of different feeding methods on growth and harvest traits of young Alpine kids. *Small Ruminant Research* 44, 81-87.
- Goelema, J., Smits, A., Vaessen, L., Wemmers, A. (1999). Effects of pressure toasting, expander treatment and pelleting on in vitro and in situ parameters of protein and starch in a mixture of broken peas, lupins and faba beans. *Animal Feed Science and Technology* 78, 109-126.
- Goetsch, A. L., Detweiler, G., Sahlu, T., Dawson, L. J. (2001). Effect of different management practices on preweaning and early postweaning growth of Alpine kids. *Small Ruminant Research* 41, 109-116.
- Goetsch, A., Merkel, R., Gipson, T. (2011). Factors affecting goat meat production and quality. *Small Ruminant Research* 101, 173-181.
- Górka, P., Kowalski, Z., Pietrak, P., Kotunia, A., Jagusiak, W., Holst, J., y otros. (2011). Effect of method of delivery of sodium butyrate on rumen development in newborn calves. *Journal of Dairy Science* 94, 5578-5588.

- Gorka, P., Kowalski, Z., Pietrzak, P., Kotunia, A., Kiljanczyk, R., Flaga, J., y otros. (2009). Effect of sodium butyrate supplementation in milk replacer and starter diet on rumen development in calves. *Journal of Physiology and Pharmacology* 60, 47-53.
- Greenwood, R., Morrill, J., Titgemeyer, E., Kennedy, G. (1997). A new method of measuring diet abrasion and its effect on the development of the forestomach. *Journal of Dairy Science* 80, 2534-3541.
- Guerrero, A., Velandia, M., Campo, M., Sañudo, C. (2013). Some factors that affect ruminant meat quality: from the farm to the fork. Review. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 35 (2), 335-347.
- Gutierrez Boroto, O. (2015). La fisiología digestiva del rumiante, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal durante cincuenta años. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 49, 179-188.
- Hadjipanayiotou, M. (1995). Effect of feeding heat treated soybean meal on the performance of lactating Damascus goats. *Small Ruminant Research* 18, 105-111.
- Hedrick, H., Aberle, E., Forrest, J., Judge, M., Merkel, R. (1994). *Principles of Meat Science* (3° ed.). Dubuque, Iowa.: Kendall and Hunt Publishing Co.
- Hernández Castellano, L., Morales de la Nuez, A., Sánchez Macías, D., Moreno Indias, I., Torres, A., Capote, J., y otros. (2014). The effect of colostrum source (goat vs. sheep) and timing of the first colostrum feeding (2 h vs. 14 h after birth) on body weight and immune status of artificially reared newborn lambs. *Journal of Dairy Science* 98, 204-210.
- Hernández Castellano, L., Moreno Indias, I., Morales de la Nuez, A., Sánchez Macías, D., Torres, A., Capote, J., y otros. (2015). The effect of milk source on body weight and immune status of lambs. *Livestock Science* 175, 70-76.
- Huntington, G. (1997). Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *Journal of Animal Science* 75, 852-867.
- Jiao, J., Li, X., Beauchemin, K. A., Tan, Z., Tang, S., Zhou, C. (2015). Rumen development process in goats as affected by supplemental feeding v. grazing: age-related anatomic development, functional achievement and microbial colonisation. *British Journal of Nutrition* 113, 888-900.

- Khan, M., Bach, A., Weary, M., von Keyserlingk, M. (2015). Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 99, 885-992.
- Khan, M., Lee, H., Lee, W., Kim, H., Kim, S., Ki, K., y otros. (2007). Starch Source Evaluation in Calf Starter: I. Feed Consumption, Body Weight Gain, Structural Growth, and Blood Metabolites in Holstein Calves. *Journal of Dairy Science* 90, 5259-5268.
- Knupp, L., Veloso, C., Marcondes, M. I., Silveira, T. S., Silva, A. L., Souza, N. O., y otros. (2015). Dairy goat kids fed liquid diets in substitution of goat milk and slaughtered at different ages: an economic viability analysis using Monte Carlo techniques. *The Animal Consortium* 10, 490-499.
- Kotresh Prasad, P., Abraham, J., Panchbhai, G., Barman, D., Nag, P., Ajithakumar, H. (2018). Growth performance and rumen development in Malabari kids reared under different production systems. *Tropical Animal Health and Production* 51, 250-261.
- Kristensen, N. B., Sehested, J., Jensen, S. K., Vestergaard, M. (2007). Effect of Milk Allowance on Concentrate Intake, Ruminal Environment, and Ruminal Development in Milk-Fed Holstein Calves. *Journal of Dairy Science* 90, 4346–4355.
- Lesmeister, K. E., Tozer, P. R., Heinrichs, A. J. (2004). Development and Analysis of a Rumen Tissue Sampling Procedure. *Journal of Dairy Science* 87, 1336-1344.
- Li, X. Q., Xu, H. B., Sun, W. T., Xu, X. Y., Xu, Z., Leng, X. J. (2018). Grass carp fed a fishmeal-free extruded diet showed higher weight gain and nutrient utilization than those fed a pelleted diet at various feeding rates. *Journal of Aquaculture* 493, 283-288.
- Ling, T., Hernandez-Jover, M., Sordillo, L. M., Abuelo, A. (2018). Maternal late-gestation metabolic stress is associated with changes in immune and metabolic responses of dairy calves. *Journal of Dairy Science* 101, 1-13.
- Lu, C., Potchoiba, M. (1988). Milk Feeding and Weaning of Goat Kids: A Review. *Small Ruminant Research* 1, 105-112.
- Luna, L. (1968). *Manual of histology staining methods of the Armed Forces Institute Pathology*. New York: McGraw Hill.

- Malmuthuge, N., Griebel, J., Guan, L. (2014). Taxonomic Identification of Commensal Bacteria Associated with the Mucosa and Digesta throughout the Gastrointestinal Tracts of Preweaned Calves. *Applied and Environmental Microbiology* 80, 2021-2028.
- Marichal, A., Castro, N., Capote, J., Zamorano, M., Argüello, A. (2003). Effects of live weight at slaughter (6, 10 and 25 kg) on kid carcass and meat quality. *Livestock Production Science* 83, 247-256.
- Marinova, P., Banskalieva, V., Alexandrov, S., Tzvetkova, V., Stanchev, H. (2001). Carcass composition and meat quality of kids fed sunflower oil supplemented diet. *Small Ruminant Research* 42, 219-227.
- Massimini, G., Mastellone, V., Britti, D., Lombardi, P., Avallone, L. (2007). Effect of passive transfer status on preweaning growth performance in dairy goat kids. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 231, 1873-1877.
- Meale, S., Chaucheyras-Durand, F., Berends, H., Guan, L., Steele, M. (2016). From pre- to postweaning: Transformation of the young calf's gastrointestinal tract. *Journal of Dairy Science* 100 (7), 1-12.
- Morand Fehr, P., Havrevoll, O., Bas, P., Colombari, P., Falagan, A., Sanz, M., y otros. (1991). Influence of feeding and rearing methods on the quality of young goat carcasses. En Morand-Fehr, *Goat Nutrition*. Netherland: Pudoc Wageningen. pp. 292-301.
- Murphy, T., Fluharty, F., Loerch, S. (1994). The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all-concentrate diets. *Journal of Animal Science* 72, 1608-1615.
- Napolitano, F., Cifuni, G., Pacelli, C., Riviezz, A., Girolami, A. (2002). Effect of artificial rearing on lamb welfare and meat quality. *Meat Science* 60, 307-315.
- Nocek, J., Herbein, J., Polan, C. (1980). Influence of ration physical form, ruminal degradable nitrogen and age on rumen epithelial propionate and acetate transport and some enzymatic activities. *The Journal of Nutrition* 110, 2355-2364.
- NOM-033- SAG/ZOO. (2014). Norma Oficial Mexicana. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Acceso en febrero de 2020.

- NOM-062-ZOO-1999. (1999). Norma Oficial Mexicana, especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio. Acceso en febrero de 2020.
- Pazoki, A., Ghorbani, G., Kargar, S., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Drackley, J., Ghaffari, M. (2017). Growth performance, nutrient digestibility, ruminal fermentation, and rumen development of calves during transition from liquid to solid feed: Effects of physical form of starter feed and forage provision. *Animal Feed Science and Technology* 234, 173-185.
- Perez, P., Maino, M., Morales, M., Soto, A. (2001). Effect of goat milk and milk substitutes and sex on productive parameters and carcass composition of Creole kids. *Small Ruminant Research* 42, 87-93.
- Peris, S., Caja, G., Such, X., Casals, R., Ferret, A., Torre, C. (1997). Influence of Kid Rearing Systems on Milk Composition and Yield of Murciano-Granadina Dairy Goats. *Journal of Dairy Science* 80, 3249–3255.
- Quaresmaa, M., Rodrigues, I., Alves, S., Bessa, R. (2016). Meat lipid profile of suckling goat kids from certified and noncertified production systems. *Small Ruminant Research* 134, 49-57.
- Rahman, M., Talukder, M., Ali, M.Y., Akter, M. (2016). Effect of milk replacer on kid performance among small holder farmers. *Asian Journal of Medical and Biological Research* 2 (2), 357-360.
- Rashid, M., Khan, M., Khandoker, M., Monir, M. (2016). Feeding Different Forms of Ration Including Compound Pellet and Performance of Growing Black Bengal Goat. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science* 9, 1-8.
- Relling, A. E., Mattioli, G. A. (2003). *Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes*. Buenos Aires, Argentina: EDULP.
- Rodrigues, S., Teixeira, A. (2009). Effect of sex and carcass weight on sensory quality of goat meat of Cabrito Transmontano. *Journal of Animal Science* 87, 711-715.
- Sarker, M. B., Alam, M. H., Saha, B. K., Amin, M. R., Moniruzzaman, M. (2015). Effects of soybean milk replacer on growth, meat quality, rumen and gonad development of goats. *Small Ruminant Research* 130, 127-135.

- Steele, M., Penner, G. B., Chaucheyras-Durand, F., Guan, L. (2015). Development and physiology of the rumen and the lower gut: Targets for improving gut health. *Journal of Dairy Science* 99, 4955-4966.
- Suárez, B., Van Reenen, C., Gerrits, W., Stockhofe, N., Van Vuuren, A., Dijkstra, J. (2006). Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: II Rumen Development. *Journal of Dairy Science* 89, 4376-4386.
- Suárez, B., Van Reenen, C., Stockhofe, N., Dijkstra, J., Gerrits, W. (2007). Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves. *Journal of Dairy Science* 90, 2390-2403.
- Svihus, B., Uhlen, A., Harstad, O. (2005). Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Animal Feed Science and Technology* 122, 303-320.
- Teagasc. (10 de octubre de 2017). *Agriculture and Food Development Authority*. Obtenido de Publicaciones:
<https://www.teagasc.ie/media/website/publications/2017/Section4-Rumen-development.pdf>
- Theurer, C. (1986). Grain Processing Effects on Starch Utilization by Ruminants. *Journal of Animal Science* 63, 1649-1662.
- Thomas, M. (1998). Physical quality of pelleted feed. A model study. En M. Thomas, & A. Van der Poel, *Physical quality of pelleted animal feed. Criteria for pellet quality*. Wageningen, Holanda: Landbouw University. pp. 20-46.
- Todaro, M., Corrao, A., Barone, C., Alicata, M., Schinelli, R., Giaccone, P. (2006). Use of weaning concentrate in the feeding of suckling kids: Effects on meat quality. *Small Ruminant Research* 66, 44-50.
- Tsiplakou, E., Papadomichelakis, G., Sparaggis, D., Sotirakoglou, K., Georgiadou, M., Zervas, G. (2016). The effect of maternal or artificial milk, age and sex on three muscles fatty acid profile of Damascus breed goat kids. *Livestock Science* 188, 142-152.
- Ugur, F., Atasoglu, C., Tolu, C., Diken, F., Pala, A. (2007). Effects of different weaning programs on growth of Saanen kids. *Animal Science Journal* 78, 281-285.

- Vacca, G., Pazzola, M., Piras, G., Pira, E., Paschino, P., Dettori, M. (2014). The effect of cold acidified milk replacer on productive performance of suckling kids reared in an extensive farming system. *Small Ruminant Research* 121, 161-167.
- Vasta, V., Nudda, A., Cannas, A., Lanza, M., Priolo, A. (2008). Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 147, 223-246.
- Vergara, H., Gallego, L. (1999). Effect of type of suckling and length of lactation period on carcass and meat quality in intensive lamb production systems. *Meat Science* 53, 211-215.
- Wang, Y., Xu, M., Wang, F., Yu, Z., Yao, J., Zan, L., y otros. (2009). Effect os dietary starch on rumen and small intestine morphology and digesta pH in goats. *Livestock Science* 122, 48-52.
- Ware, R., Zinn, R. (2005). Effect of pelletizing on the feeding value of rice straw in steam-flaked corn growing-finishing diets for feedlot cattle. *Animal Feed Science and Technology* 123-124, 631-642.
- Warner, R., Flatt, W., Loosli, J. (1956). Dietary factors influencing the development of the ruminant stomach. *Journal of Agricultural adn Food Chemistry* 4 (9), 788-792.
- Yami, A., Merkel, R. (2008). *Sheep and goat production Handbook for ethiopia*. Ethiopia: Ethiopia Sheep and Goat Productivity Improvement Program.
- Zervas, G., Tsiplakou, E. (2011). The effect of feeding systems on the characteristics of products from small ruminants. *Small Ruminant Research* 101, 140-149.
- Zobel, G., Freeman, H., Watson, T., Cameron, C., Sutherland, M. (2020). Effect of different milk removal strategies at weaning on feed intake and behavior of goat kids. *Journal of Animal Behavior* 35, 62-68.